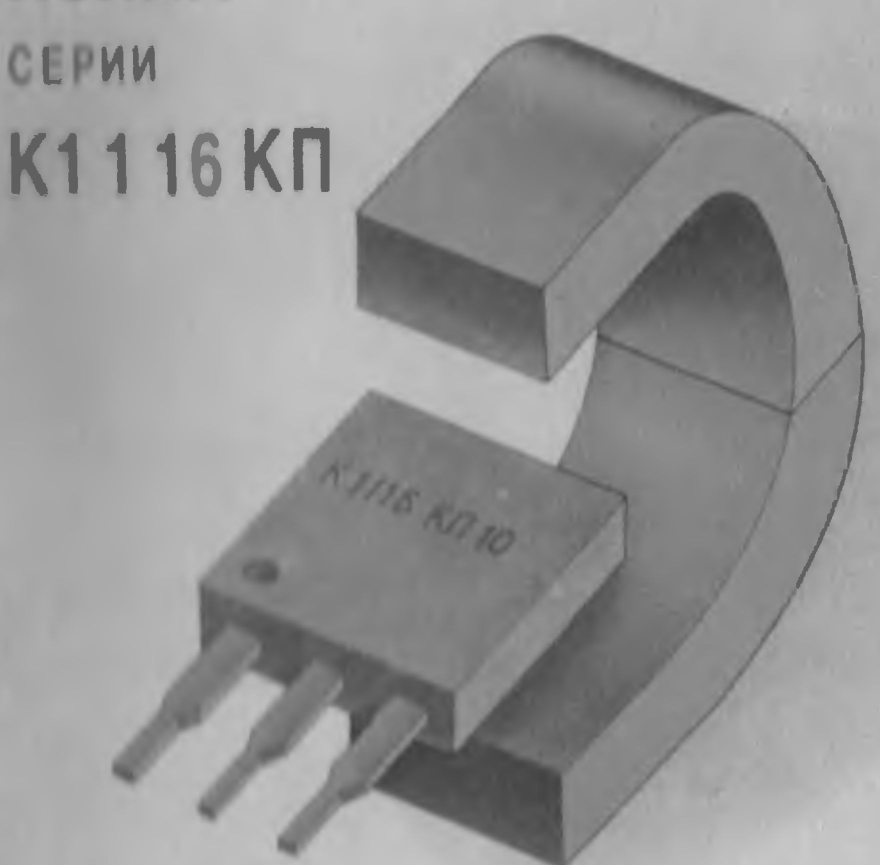
МИКРОСХЕМЫ ХОЛЛА

СЕРИИ

К1116КП



«ГИПЕРОН» МОСКВА

Микросхемы Холла
серии К1116 КП

Параметры и применение

«Гиперон» Москва

1991

Оглавление

Эффект Холла

Эффект Холла известен более ста лет, однако, реально его удалось использовать лишь в последние двадцать лет. Первое практическое применение в электронике - это датчик СВЧ-излучения (50-е годы). По мере развития полупроводниковой технологии об'ем выпуска изделий, основанных на эффекте Холла, постоянно расширялся.

Важным шагом оказалось изобретение в 1968 г. первой полупроводниковой клавиатуры, основанной на эффекте Холла. Тогда датчик напряжения Холла и сопутствующая ему электроника были проинтегрированы на одном кристалле.

В настоящее время микросхемы, основанные на эффекте Холла, используются в широком спектре изделий, от компьютеров до электробритв, от автомобилей до самолетов, от ручных инструментов до медицинского оборудования.

Эффект возникновения "перпендикулярной" ЭДС под воздействием магнитного поля, был открыт в 1879 г. д-ром Эдвином Холлом (Edwin Hall), сотрудником Балтиморского университета им. Дж. Хопкинса. Этим открытием Холл подтвердил теорию движения электронов, изложенную за 30 лет до этого английским ученым лордом Кельвином.

Др. Холл обнаружил, что, если расположить магнит относительно тонкой золотой пластинки, по которой протекает ток, так, чтобы магнитное поле было перпендикулярно пластинке, между боковыми сторонами пластинки возникнет разность потенциалов. Это - так называемая ЭДС Холла.

Холл установил, что возникающее напряжение пропорционально силе тока через проводник и плот-

ности магнитного потока (магнитной индукции), перпендикулярной проводнику.

Хотя эксперименты Холла были успешными и хорошо обоснованными теоретической физикой, эффект не использовался в технике 70 лет.

Первые применения стали появляться в 50-х годах на основе развития полупроводниковой технологии. В 1965 г. в США был выпущен практически применимый датчик Холла. После исследования многих концепций была признана основной конструкция однокристальной кремниевой микросхемы, которая обеспечивает небольшую себестоимость при массовом выпуске, что особенно важно при изготовлении клавиатур.

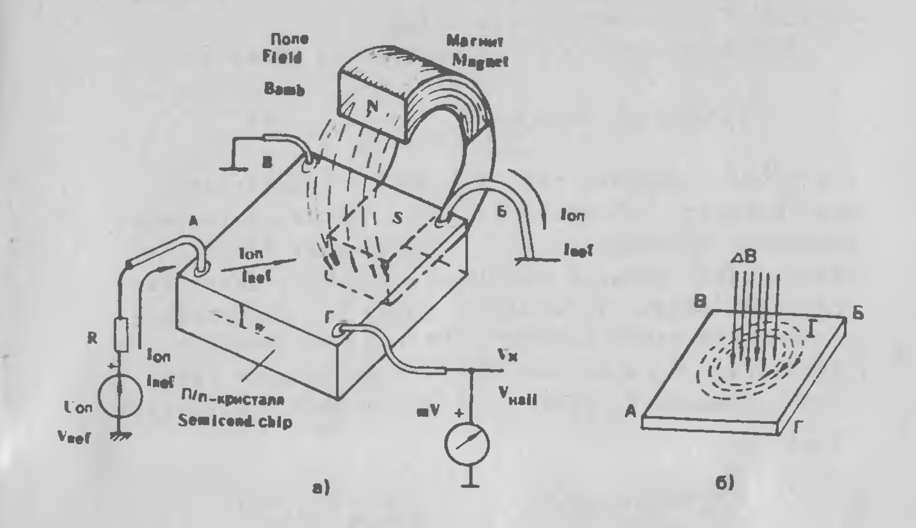
Теория эффекта Холла

Если проводник, по которому протекает ток, расположить в магнитном поле, холловское напряжение генерируется в направлении, перпендикулярном как магнитному потоку, так и линии тока.

Рис.1.а иллюстрирует основной принцип эффекта Холла, где показано, что в тонком слое полупроводникового материала (полупроводниковый кристалл, элемент Холла) течет стабильный опорный ток $I_{ref} = I_{оп}$ между точками А и Б. Выходные выводы В и Г расположены на перпендикулярной линии к направлению протекания тока (см. рис.1,а).

Если магнитного поля нет (рис.1,в), распределение тока равномерное, поэтому между точками В и Г разности потенциалов быть не может. Если перпендикулярное магнитное поле есть (но тока $I_{ref} = I_{оп}$ между точками А и Б нет, см. рис.1,б), на поверхности течет наведенный ток I.

Если совместить картины протекания тока без внешнего магнитного поля B_{amb} (рис.1,в) и без тока $I_{ref} = I_{оп}$ (рис.1,б), то на рис.1.г где присутствует и внешнее поле B_{amb} и опорный ток I_{ref}, получим перераспределение тока в пластинке.



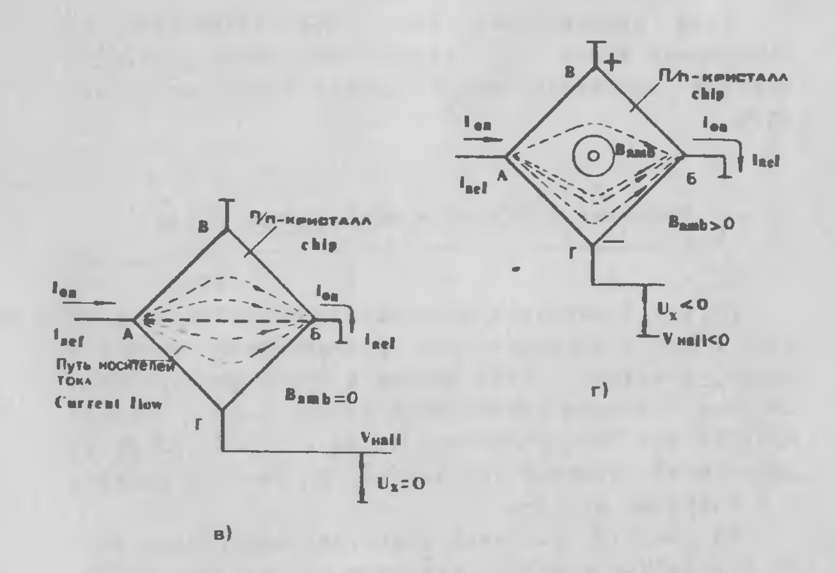


Рис.1 Эффект Холла: а – схема соединения; вихревые токи в полупроводниковом кристале; в – ток в кристалле без внешнего поля; г – образование э.д.с. Холла.

дающее в результате разность потенциалов между точками В и Г - напряжение Холла.

Напряжение Холла расчитывается по уравнению:

$$V_н = R_н (I_{ref}/w) B_{amb} \sin\theta \qquad (1)$$

где I_{ref} - опорный ток, $B_{amb} \sin\theta$ - составляющая внешнего магнитного поля, перпендикулярная плоскости кристалла, $R_н$ - коэффициент Холла, w - эффективная толщина полупроводникового слоя. Это уравнение верно для элемента Холла с бесконечным отношением длины к ширине. Практичнее заменить коэффициент $R_н/w$ на постоянную k являющуюся функцией геометрии элемента и окружающей температуры T_{amb}:

$$V_н = k I_{ref} B_{amb} \sin\theta \qquad (2)$$

Если поддерживать ток I_{ref} стабильным, то напряжение Холла $V_н$ должно быть прямо пропорциональным перпендикулярной составляющей магнитного поля.

Основные сведения о микросхемах Холла

На рис.2 показано размещение простейшего датчика Холла в пластмассовом транзисторном корпусе с тремя выводами. Если добавить схему формирования сигнала, получим комплектный датчик Холла. Реально имеется два типа микросхем Холла с хорошо развитой внутренней схемой формирования: с линейным выходом и с цифровым выходом.

На рис.3,а показана структура микросхемы Холла с линейным выходом, где имеются: датчик Холла, стабилизатор опорного напряжения V_{ref}, операционный усилитель и эмиттерный повторитель VT1. Когда магнитного поля нет, выходное напряжение микросхемы $V_{out}=0$.

Однако, относительно земли выходное напряжение

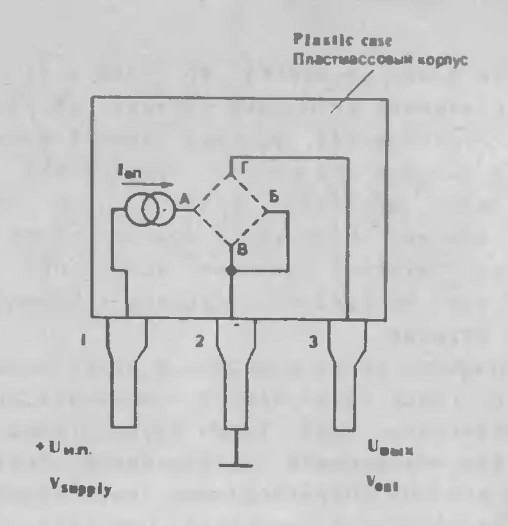


Рис.2 Простейший датчик Холла.

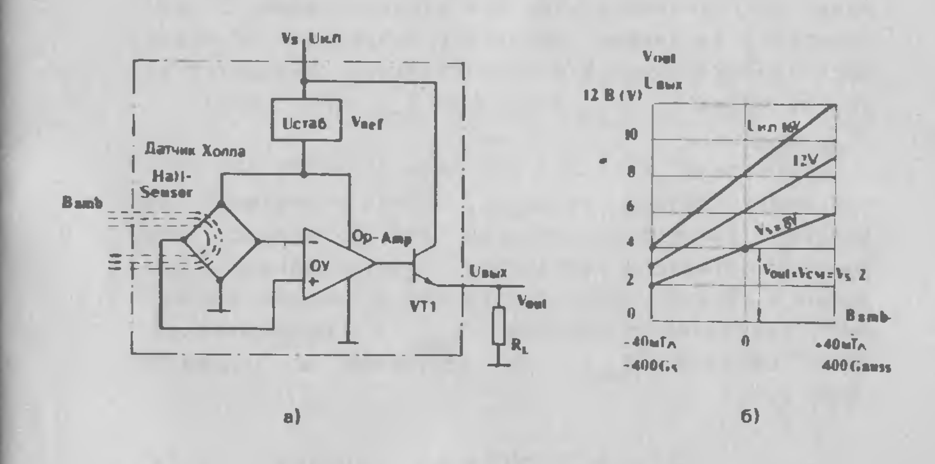


Рис.3 Микросхема датчика Холла с аналоговым выходом: а - структура; б - типовые выходные характеристики и их пределы.

не равно нулю, поскольку ИС (рис.3,а) работает от единственного источника питания. На рис.3,б показана передаточная функция типовой микросхемы с линейным выходом при разных напряжениях питания Если внешнее магнитное поле $B_{amb}=0$, дифференциальное входное напряжение между входами ОУ равно нулю, но выходное синфазное напряжение $V_{out}=V_{cm}=V_s/2$, т.е. составляет половину напряжения источника питания.

Напряжение Холла невелико и имеет порядок 30мV на один гаусс (что равно 0,1 миллитесла) изменения магнитного поля. Таким образом требуется использовать малошумящий операционный усилитель с большим входным сопротивлением, но со средним значением коэффициента усиления. Согласно уравнению (2), напряжение Холла есть функция опорного тока I_{ref}. Стабилизатор на рис.3,а обеспечивает $I_{ref}=const$, следовательно выходное напряжение V_{out} пропорционально только интенсивности магнитного поля B_{amb}. Магнитное поле, принимаемое датчиком, может быть положительным или отрицательным. В результате изменения выходного напряжения ОУ может быть положительным или отрицательным относительно уровня покоя $V_{out}=V_{cm}$ (при $B_{amb}=0$), где $V_{cm}=V_s/2$.

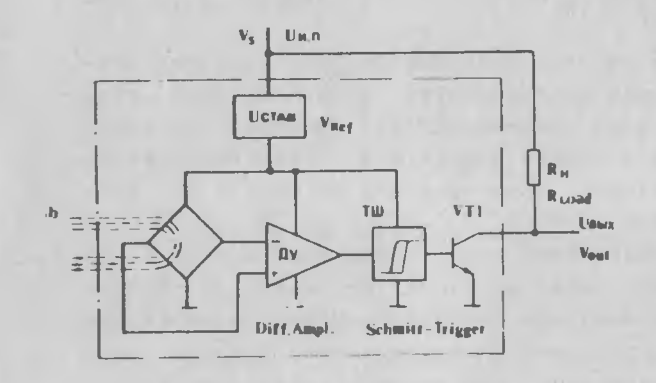
Магнитные поля большой силы не разрушают датчик Холла, однако выходной сигнал переходит на уровень насыщения, который для ОУ меньше, чем уровень питающего напряжения. Чувствительность линейного датчика определяется как отношение изменения выходного напряжения V_{out} к изменению входного сигнала B_{amb}. По отношению к графикам (рис.3,а):

$$\Delta V_{out}=6{,}25\cdot 10^{-4}\, V_s\Delta B. \quad (V/Gs)Gs. \qquad (3$$

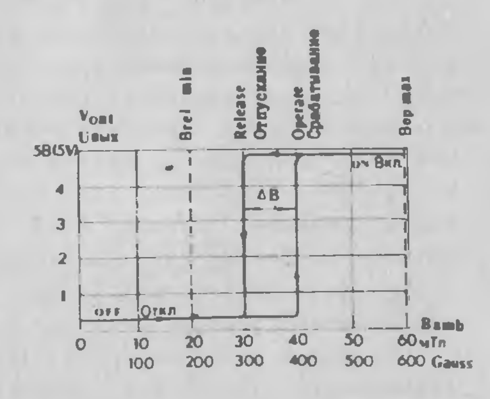
Линейность преобразования определяется отклонением функции от идеальной прямой. Типовое значение этого параметра 1...2 %.

Крутизна преобразования - это основной параметр датчика: $S=U_{вых}/B_{amb}$.

На рис.4,а показана структура микросхемы Холла с цифровым выходом. Этот датчик дает два выходных напряжения: состояния включено ON и выключено OFF (см.рис.4,б). Схема линейного датчика преобразуется в цифровой, если в цепь включить триггер Шмитта.



а)



б)

Рис. 4 Микросхема датчика Холла с цифровым выходом: а - структура; б - типовые выходные переключательные характеристика и их пределы.

В триггере Шмитта имеется слабая положительная обратная связь, дающая гистерезисную характеристику. Выходное напряжение дифференциального усилителя с помощью триггера Шмитта сравнивается с опорным. Гистерезис дает два отличающихся опорных уровня, которые зависят от выходных состояний включено ON или выключено OFF.

Передаточная характеристика (рис.4,б) имеет уровень включения operate и уровень отключения release. Разность между этими уровнями - есть гистерезис ΔB.

Когда магнитное поле возрастает, выходное состояние датчика не изменяется. Когда внешнее поле превысит точку включения ON, выходное состояние датчика Холла должно измениться. Дальнейшее увеличение магнитного поля на входе не влияет на состояние выхода.

Когда магнитное поле уменьшается ниже точки срабатывания, выходной сигнал не меняется вплоть до точки отключения (release). Вслед за переходом этой точки, выходной сигнал датчика должен вернуться в исходное состояние "Выключено" (OFF). Гистерезис передаточной характеристики ΔB помогает избежать ложных переключений, которые могут возникать при малых вариациях входного поля.

Максимальное значение магнитного поля в рабочей точке $B_{срб.max}$ - предел переключения датчика в состояние "Включено" (ON) при самом худшем сочетании внешних условий (температуры, напряжения питания). Минимальное значение магнитного поле $B_{rel\,min}$ - предел выключения датчика (OFF) при аналогичных условиях (см. рис.4,б).

Выходной транзистор VT1 (рис.4,а) увеличивает возможности применения микросхемы. Транзистор включен с "открытым коллектором" ОК, поэтому напряжения питания микросхемы V_S и нагрузки могут быть различными (можно использовать и общую шину питания).

На рис.5 показаны входные характеристики датчика: униполярная прямая (рис.5,б), униполярная инверсная (рис.5,а) и биполярная (рис.5,в).

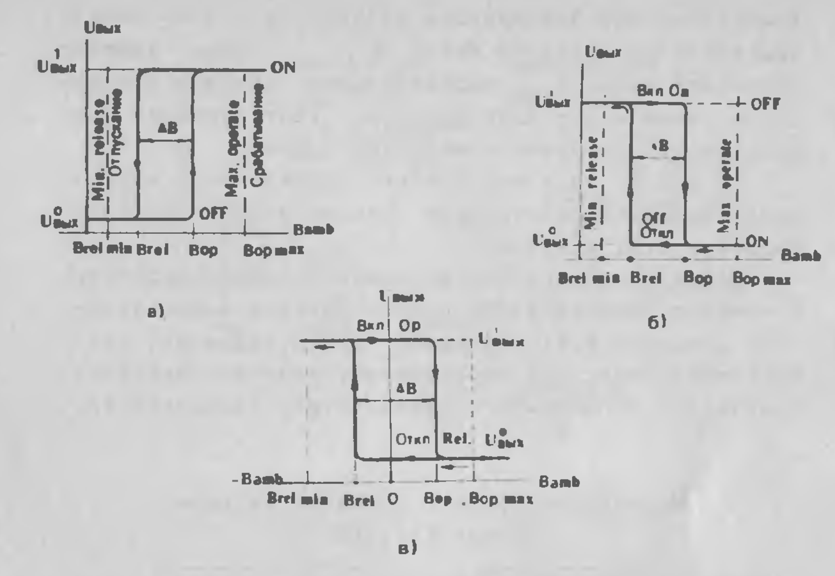


Рис.5 Переключательные характеристики: а - инверсная; б - без инверсии; в - биполярная

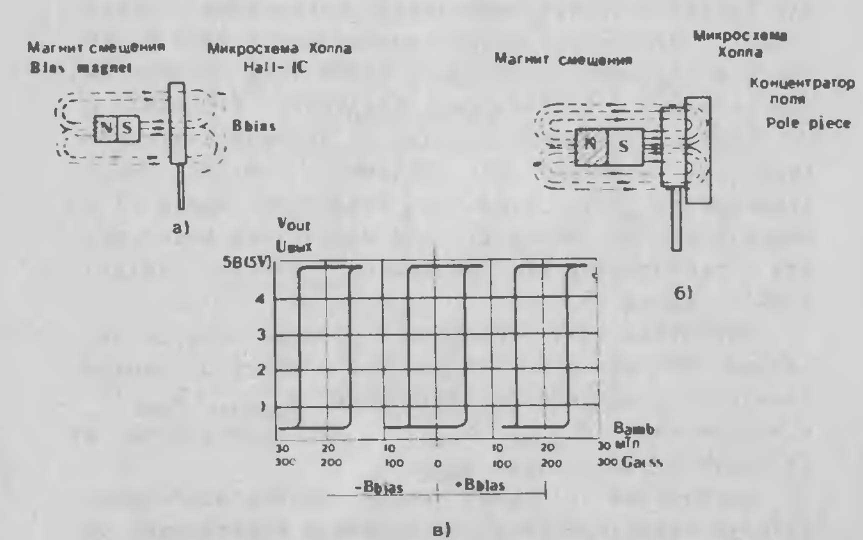


Рис.6 Действие магнита смещения: а - взаимное расположение; б - действие концентратора поля; в - положение петли гистерезиса при разной полярности магнита смещения.

Характеристика биполярного датчика (рис.5,в) имеет максимальную рабочую точку $B_{op\,max}$, если внешнее магнитное поле B_{amb} положительное. Минимальная рабочая точка отпускания $B_{rel\,min}$ соответствует отрицательной полярности магнитного поля.

На рис.6 показано влияние на положение переключательной характеристики дополнительного магнита смещения (см. рис.6,а).

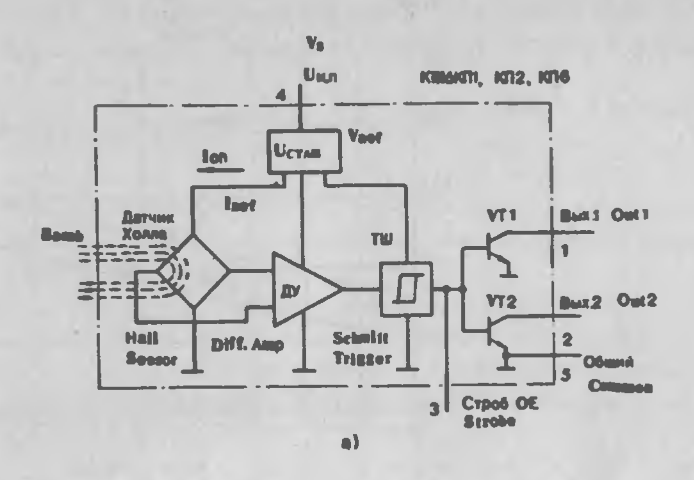
Эффективность магнита смещения можно увеличить с помощью концентратора поля – кусочка ферромагнетика (см. рис.6,б). Магнит смещения позволяет смещать характеристики переключения, причем доступно получить и биполярную характеристику (см.рис.6,в).

Микросхемы Холла с цифровым выходом серии К1116КП

Серия К1116КП содержит микросхемы 12 типов. Для быстрого выбора подходящей микросхемы служит табл.1. Параметры микросхем сведены в табл.2. На рис.7,а показана структурная схема трех микросхем оригинальной разработки: К1116КП1, К1116КП2 и К1116КП6, у которых в отличие от базовой структуры (рис.4,а) имеются два идентичных выхода Вых.1 (транзистор VT1, открытый коллектор, вывод 1) и Вых.2 (VT2, ОК, вывод 2). Эта микросхема имеет вывод стробирования ОЕ – разрешение выхода (output enable, вывод 3).

Цоколевка этих микросхем и размеры корпуса показаны на рис.7,б. На рис.8,а приведены типовые зависимости индукции срабатывания $B_{operate} = B_{срб}$ и отпускания $B_{release} = B_{отп}$ в зависимости от окружающей температуры t_{amb}.

Микросхема К1116КП1 имеет прямую переключательную характеристику, аналогичную показанной на рис.5,б. Когда магнитная индукция B_{amb} увеличивается, выходные сигналы обоих выходов микросхемы переходят на низкий уровень (состояние "Включено"



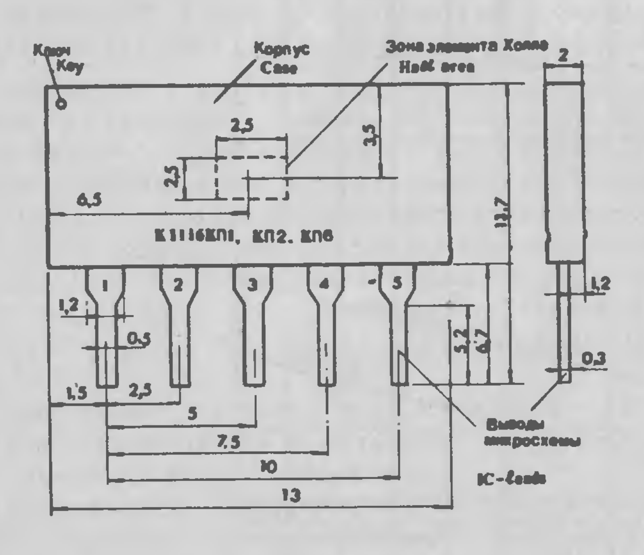
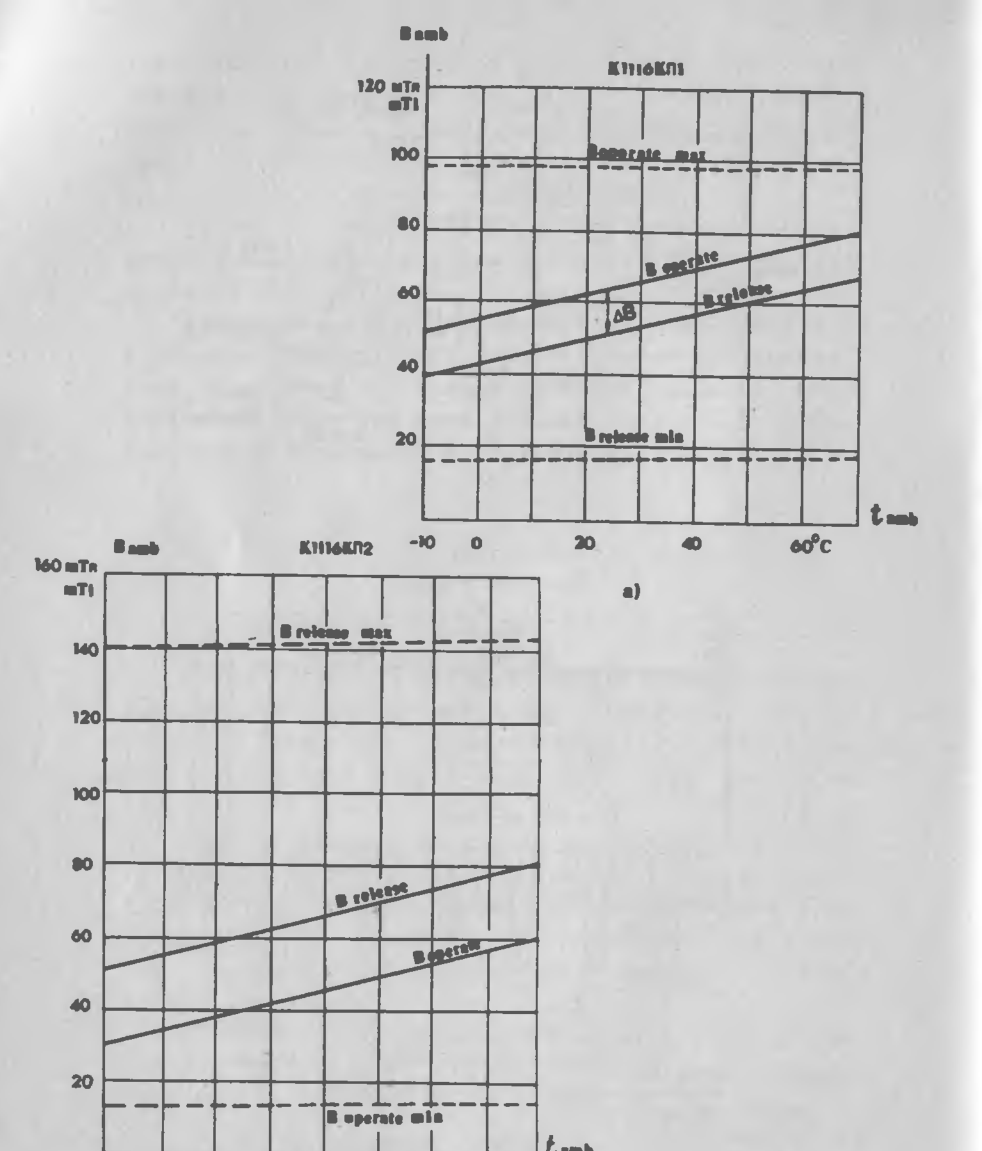


Рис.7 Микросхемы К1116КП3, КП2 и КП6: а – структура; б – чертеж корпуса.



б)

Рис.8 Типовые зависимости индукции срабатывания B_{op} и отпускания B_{rel} от температуры: а – микросхема К1116КП1; б – микросхема К1116КП2

– ON). Гистерезис составляет ΔB=12мТл=120Гс. Это запас помехоустойчивости против флюктуаций внешнего магнитного поля.

Согласно рис 8,а, температурный коэффициент индукции срабатывания B_{op} и отпускания B_{rel} положительный т.к. $B_{op,\,rel}$ = 0,35мТл/°С=3,5Гс/°С.
Для микросхем КП1 и КП2 при входном низком уровне на выводе 3 стробирования OE оба выходных транзистора отключаются:

$V_{вых1}=V_{вых2}<0{,}3В$ (независимо от B_{amb}).

Если на строб – входе высокий логический уровень, оба выхода разрешены. Необходимо присоединять неиспользуемые выводы 3 стробирования к выводу 4 ($+U_{и\,п}$).

Микросхема К1116КП6 полностью идентична микросхеме К1116КП1, но имеет расширенный температурный диапазон от $-60^{o}C$ до $+85^{o}C$.

Микросхема К1116КП2 конструктивно идентична микросхеме К1116КП1, но имеет инверсную передаточную характеристику $B_{amb}-V_{out}$, аналогично показанной на рис.5,а. Типовые зависимости индукций срабатывания B_{op} и отпускания B_{rel} для микросхемы КП2 показаны на рис.8,б. Если магнитная индукция B_{amb} увеличивается, выходной сигнал переходит на высокий уровень. Верхний предел индукции срабатывания для К1116КП2 соответствует $B_{rel\,max}$= 140 мТл. Другие параметры, цоколевка и структура микросхем КП1, КП2 и КП6 практически идентичны (см табл.2).

Микросхемы К1116КП3, КП4 и К1116КП7 – КП10 (см.рис 9.а) идентичны по структуре и имеют только один выход с открытым коллектором.

Передаточная характеристика "входная индукция B_{amb} – выходное напряжение V_{out}" для микросхем К1116КП3, КП9 и КП10 прямые (аналогично КП1, см. рис.5,б). Микросхемы К1116КП4, КП7 и КП8 отличаются передаточной характеристикой, сходной с характеристикой микросхемы КП11(см. рис.5,в).

На рис.9,б показан эскиз корпуса этих микрос-

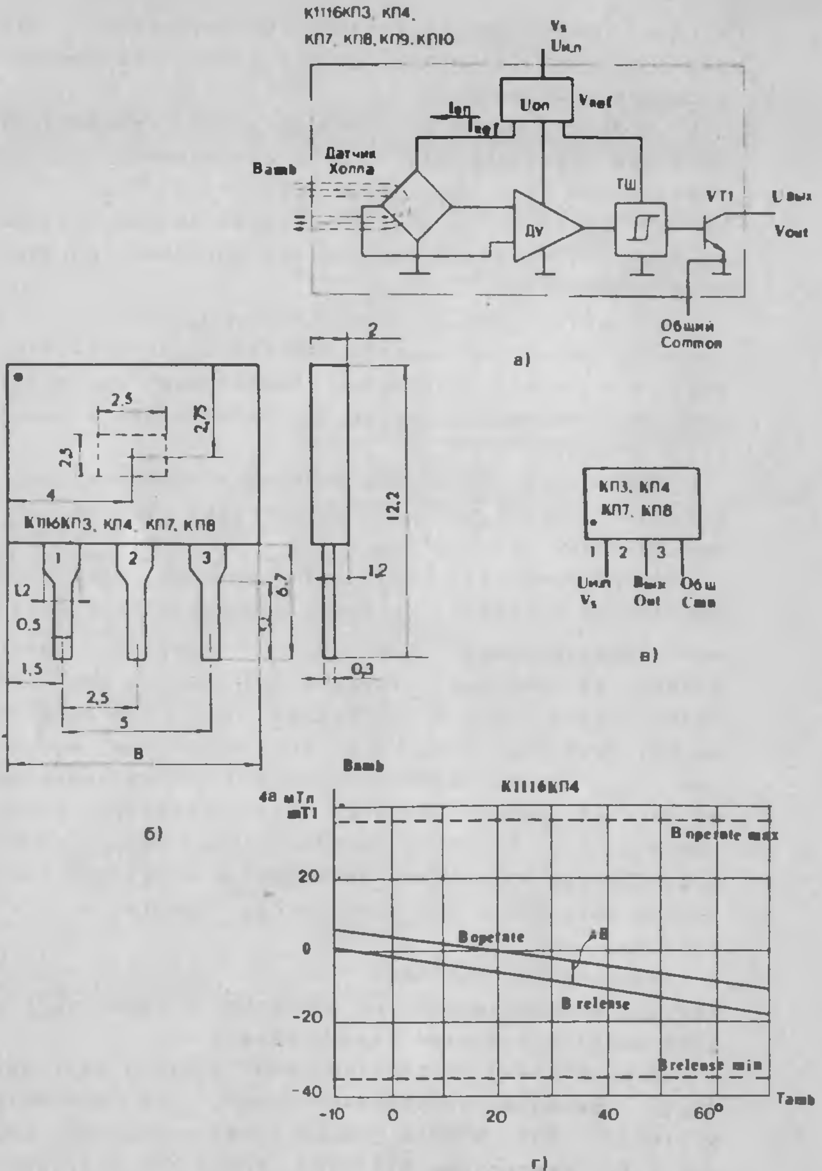


Рис.9 Микросхемы К1116КП3, КП4, КП7, КП8, КП9, КП10: а - структурная схема; б - чертеж корпуса; в - цоколевка; г - температурные зависимости B_{op} и B_{rel}

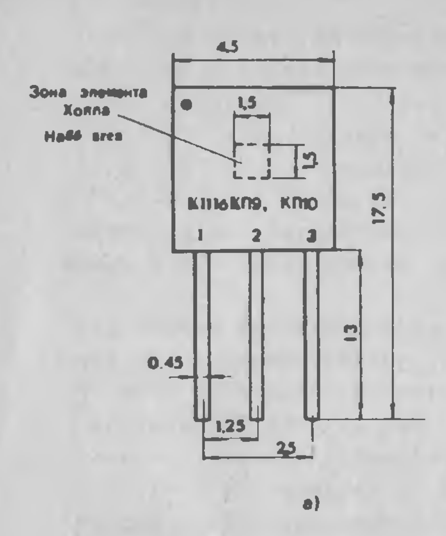
хем с тремя выводами. Цоколевка их дается на рис. 9,в. Передаточная характеристика микросхемы К1116КП4 представлена на рис.9,г. Сравнение этих графиков с рис.8,а приводит к результату: гистерезис ΔB здесь меньше (3...5 мТл = 30...50 Гс), а ТК $B_{op,rel}$ -отрицательный (-0,25 мТл/0°С= -2,5 Гс/°С). Микросхема К1116КП4 имеет внутренний нагрузочный резистор R_L = 30 кОм между коллектором VT1 и шиной питания V_{CC}.

На рис.10 показан малогабаритный корпус для микросхем К1116КП9 и КП10, предназначенных для изготовления миниатюрных датчиков магнитного поля.

Микросхема К1116КП11 (рис.11,а-б) предназначена для конструирования разнообразных по применению датчиков перемещений с зазором (см. рис.20). Отличительная особенность микросхемы КП11 - корпус с гарантируемыми посадочными размерами. Комплекс магнито-электрических параметров лучше, чем у аналогичной по структуре микросхемы К1116КП8 (см. табл. 2).

В состав серии К1116КП входит бескорпусная микросхема КБ1116КП12-2 (рис.12) с ленточными выводами. Микросхема располагается на технологическом носителе в виде прямоугольника из полиимидной пленки (толщина 50 мкм). В центральной части этого носителя располагается кремниевый кристалл, три контактных площадки которого присоединены к выводам 1,2,3 полиимидного носителя. Назначение выводов аналогично выводам микросхемы К1116КП11.

Перед монтажом микросхемы лишняя часть полиимидного носителя удаляется. Алюминиевые полоски - выводы длиной около 3 мм заканчиваются обслуженными площадками под пайку (0,5x0,5мм). По табл.3 можно сравнить параметры аналогичных отечественных и зарубежных микросхем.



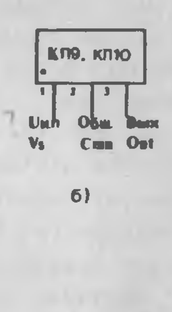


Рис. 10 Микросхемы К1116КП9 и КП10: а - чертеж корпуса; б - цоколевка.

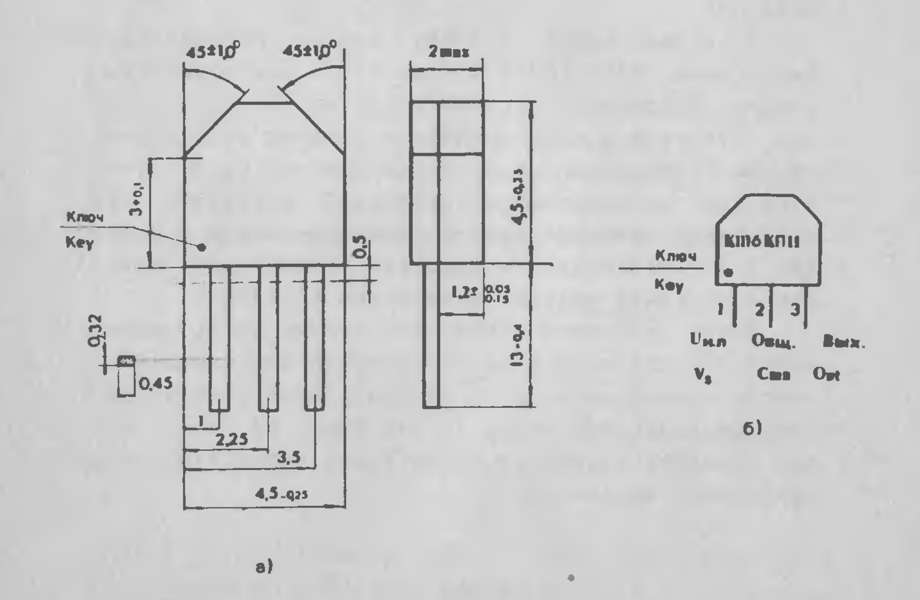


Рис. 11 Микросхема К1116КП11: а - корпус; б - цоколевка.

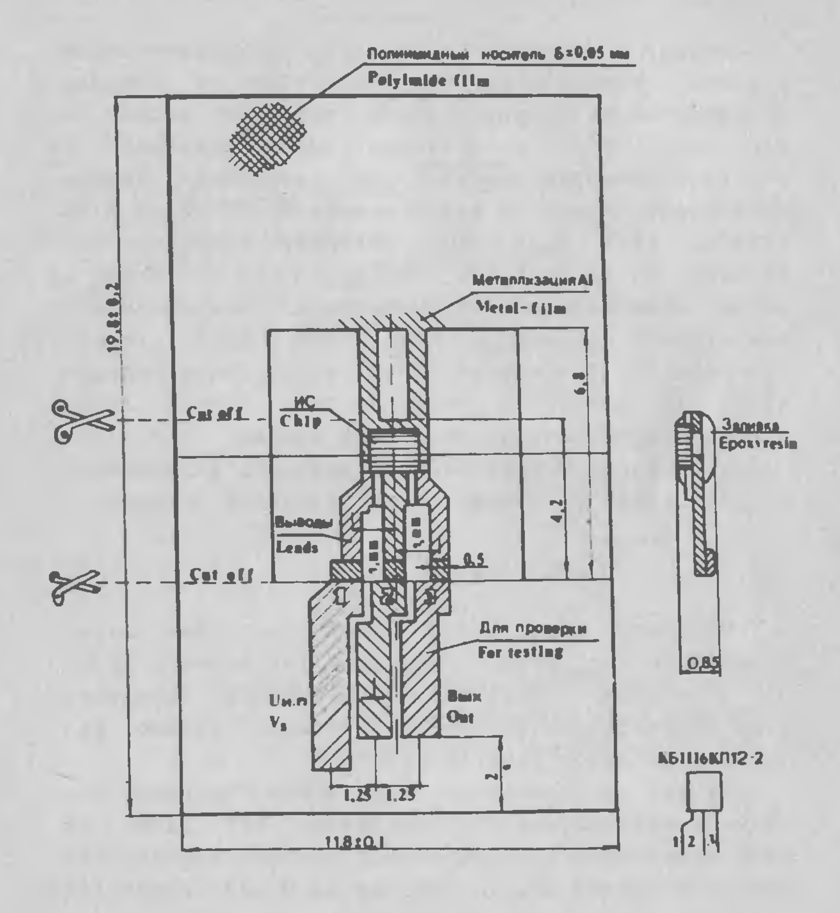


Рис. 12 Бескорпусная микросхема К1116КП12-2.

Выходы с открытым коллектором микросхем серии К1116КП непосредственно совместимы со входами большинства популярных серий цифровых микросхем РТЛ, ДТЛ, $И^2Л$ и особенно КМОП. Например, на рис. 13, а показаны условия для соединения выхода микросхемы Холла и входа элемента ТТЛ серии К155 (7400). Если $B_{amb} > B_{op}$, выходной транзистор VT1 насыщен и входной ток ТТЛ $I_{вх} = 1{,}6$ мА стекает в землю. Максимальный выходной ток для микросхем серии К1116КП $I^L_o = 25$ мА (для КП9 и КП10 $I^L_o = 20$ мА см. табл. 2). Это соответствует нагрузочной способности 15 входов, а для серии К555 (74LS) нагрузочная способность достигает 60 входов.

Минимальное сопротивление внешнего нагрузочного резистора R_L должно соответствовать условию:

$$R_{L\,min} > U_{comm}/I^L_o \qquad (4)$$

Например, если выход микросхемы коммутирует напряжение $U_{comm} = 5$В, а выходной ток низкого уровня, $I^L_o = 25$ мА, получаем $R_{L\,min} = 200$ Ом (без каких-либо параллельных нагрузок!). Реально, удобно использовать схему (рис. 13, б).

На рис. 14, а показаны условия для состояния выходного транзистора VT1 "Выключено" OFF. Здесь на вход микросхемы А от источника питания втекает ток высокого уровня $I^1_{вх}$. На рис. 14, б дана схема питания микросхемы Холла DA1 и энергоемкой нагрузки R_L с помощью транзистора VT1 от общего источника питания. С целью уменьшения взаимных помех цепи питания можно раз'единить (см. рис. 14, г). Здесь заземленная нагрузка получает ток большой силы через эмиттерный повторитель VT1.

Если максимальный базовый ток $I_б = 20$ мА при усилении транзистора по току $B = I_к/I_б > 50$, минимальный нагрузочный ток составит 1 А.

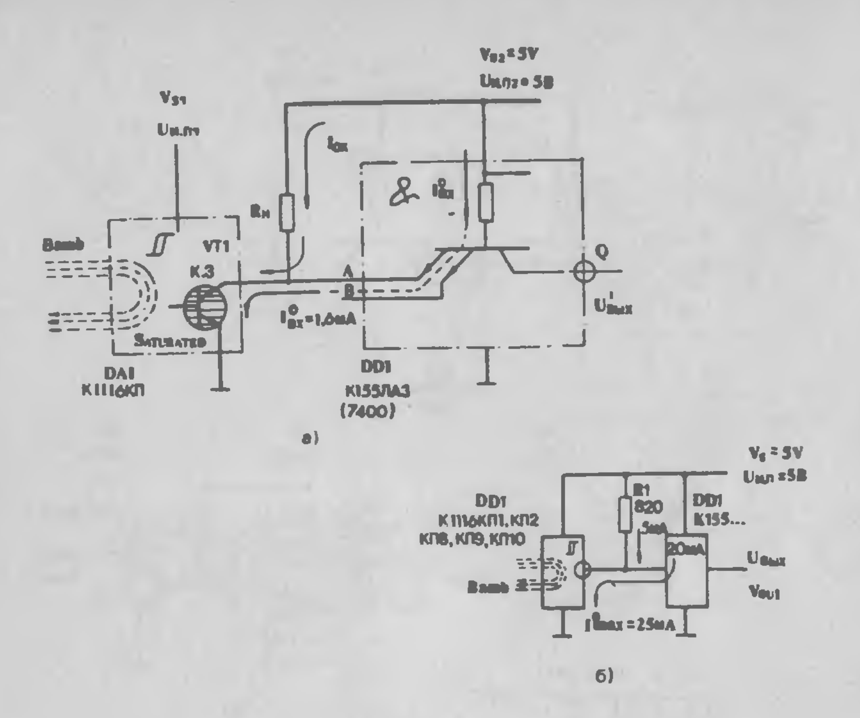


Рис. 13 Присоединение микросхемм Холла к нагрузке ТТЛ: а – стекание входного тока ТТЛ-инвертора; б – распределение максимального стекающего тока I^o_{max}.

Для испытания микросхем на работоспособность пригодна простейшая схема, показанная на рис. 15, а. К магниточувствительной микросхеме подносится магнит, дающий поле B_{amb}. Работоспособная микросхема зажжет внешний светодиод HL1. Если магнит удалить, светодиод погаснет. Можно провести опыты с переменой полярности поля, перевернув магнит. Неизвестную полярность магнита можно определить с помощью стрелки компаса (разноименные полюса притягиваются!).

а)

б)

в)

г)

Рис.14 Стекание входного тока высокого уровня $I^1_{вх}$ (а), подключение мощного транзистора с коллекторной нагрузкой (б,в), подключение эмиттерной нагрузки (г).

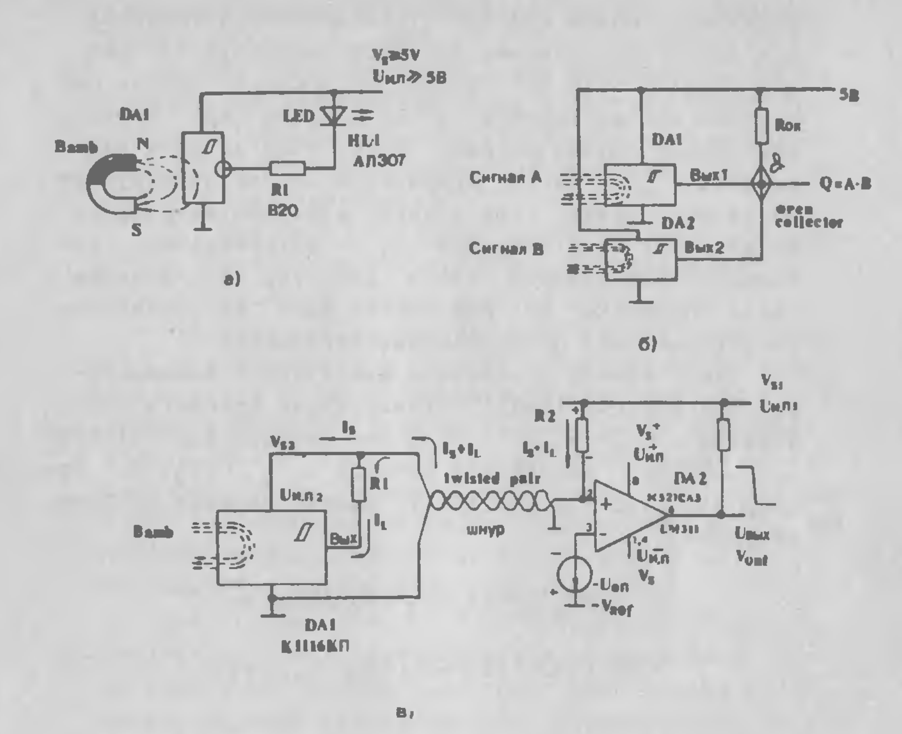


Рис.15 Простейшая схема испытания микросхемы Холла (а), формирование функции И двух магнитных сигналов (б), передача импульсов по витой паре (в).

На рис.15,б-в показаны две схемы использования свойств выхода с открытым коллектором. На рис. 15,б два выхода микросхем (можно и больше) соединены параллельно. Тем самым в общей точке ОК выполняется логическая операция И (AND):

$$Q = AB \qquad (5)$$

где А и В - входные логические сигналы 0 и 1, выраженные напряжениостью магнитного поля.

Если датчик Холла располагается на большом

удалении, можно применить стандартную двухпроводную линию обслуживании датчиков вместо трехпроводной (см. рис.15,в). Когда $B_{amb} < B_{op}$, выход микросхемы DA1 не включен, и ток в витой паре проводов долженсоответствовать только току питания микросхемы I_s. Когда микросхема DA1 активизируется магнитным полем, ток в линии передачи возрастает на величину тока нагрузки I_L, потребляемого выходным транзистором через резистор R1. Разность токов "Включено" и "Выключено" дает на резисторе-датчике тока R2 приращение напряжения.

Этот скачок потенциала фиксируется компаратором DA2 К521САЗ (LM311) относительно опорного напряжения $-U_{оп} = -V_{ref}$. Пусть ток питания для К1116КП6 $I_s = 6мА$ при напряжении питания $U_{и\cdot п\,2} = V_{s\,2} = 5В$. При $U_{и\cdot п1} = V_{s\,1} = 6В$ (см.рис.15,в), выбрав номинал R1=5кОм, получаем:

$$U_{и\cdot п2} = U_{и\cdot п1} - (I_s + I_L)\,R_2 - U_{лин} =$$

$$= 6В - (6мА + 5В/5\,кОм)\,R_2 - U_{лин} = 5В \qquad (6)$$

Если предположить малые потери в линии, то

$$U_{лин} = (I_s + I_L)\,R_{лин} \to 0.$$

Величиной $U_{лин}$ можно пренебречь, если $R_{лин} \ll R_2$. Отсюда:

R_2 = (6В-5В)/(6мА+1мА) = 1В/7мА = 140 Ом.

Определим верхний и нижний пределы опорного напряжения компаратора:

$$(U_{и\cdot п1} - I_s R_2) < U_{оп} < [\,U_{и\cdot п1} - (I_s + I_L)\,R_2\,]$$

В результате: $4{,}16В < U_{оп} < 4{,}00В$. Потенциал $U_{оп}$ потребуется точно отрегулировать между этими пределами. Примечание: скачки тока в протяженных двухпроводных линиях, несущих информацию о срабатывании выносных датчиков, стандартизованы в пределах 5...20 мА.

На рис.16,а показана схема передачи тактового сигнала на ТТЛ-счетчики серии К155 (или К555). Для большего запаса помехоустойчивости рекомендуется применить дополнительные формирователи DD1.1 и DD1.2 - триггеры Шмитта.

На рис.16,б показано присоединение мощного p-n-p транзистора для генерации в заземленной нагрузке стекающего тока 1 А и более.

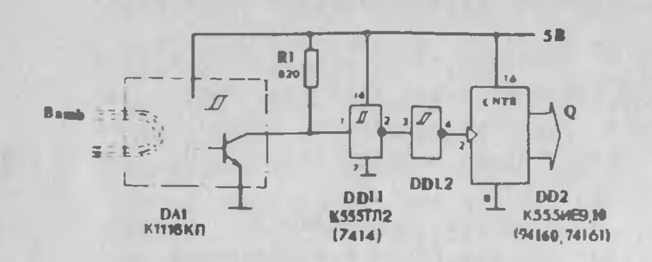
В составе серии К1116КП имеется три микросхемы со стробирующими входами. Проверить действие строб-входа можно с помощью схемы (рис.16,в) и внешнего магнита. Если переключатель S1 установить в положение L, выходной сигнал установится на высоком выходном уровне и светодиод HL1 гореть не будет при любых манипуляциях с магнитом B_{amb}. Если переключатель S1 перевести в положение High, переключение выхода будет разрешено.

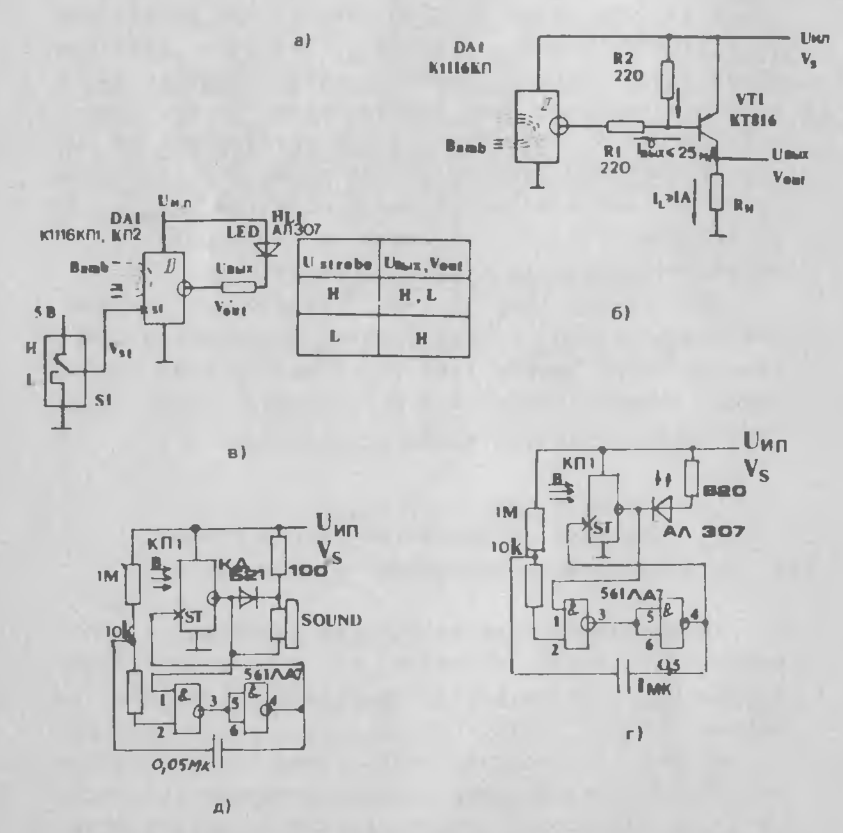
Две схемы (рис.16,г-д) генерируют сигналы, свидетельствующие о присутствии постоянного магнитного поля. Первая (рис.16,г) даст в этом случае серию вспышек светодиода HL1, вторая - (рис.16,д) производит звуковой сигнал.

Датчики на основе микросхем Холла

Датчик магнитного поля - это комплексное устройство, которое основано на микросхеме Холла. Возможны несколько вариантов взаимного перемещения ферромагнетика и микросхемы.

На рис.17,а показан униполирный режим работы микросхемы Холла. Здесь магнит перемещается относительно микросхемы, зафиксированной механически. Магнит относительно этой опорной точки перемещается в обе стороны. Магнит надо расположить так, чтобы его южный полюс воздействовал на чувствительную поверхность микросхемы. В указанном на





U strobe	Uвых, Vout
H	H, L
L	H

Рис. 16 Подключение ТТЛ-счетчиков (а) и транзистора p-n-p (б); использование входа стробирования микросхем К1116КП1, КП2: в - таблица состояний; г - мигающий индикатор постоянного поля; д - звуковой индикатор магнитного поля.

рис. 17, а режиме микросхема детектирует линии магнитного поля, проходящие в положительном направлении. Расстояние срабатывания микросхемы D_{op} измеряется между чувствительной зоной поверхности и южным полюсом магнита. Если магнит передвигать к поверхности микросхемы на отметке D_{op} датчик сработает ON.

Если магнит передвинуть в обратную сторону до точки D_{rel}, то магнитная индукция уменьшится до значения отпускания B_{rel} и выходной сигнал датчика вернется в состояние "Выключено" OFF.

Другой униполярной режим показан на рис. 17, б. Здесь датчик сдвигается относительно поверхности по горизонтали. Другую плоскость проводим через поверхность магнита. Расстояние между параллельными плоскостями образует зазор δ = const.

Расстояние от магнита до датчика надо измерять между центрами площадей полюса магнита и зоны элемента Холла. Напряженность поля в зависимости от этого расстоиния отображается колоколообразной функцией причем максимум высоты "колокольчика" определяется величиной зазора: чем меньше δ, тем выше максимум.

На рис. 18 показаны биполярные режимы внешнего поля B_{amb}. Система (рис. 18, а) имеет два раздельных магнита противоположной полярности, между которыми расстояние зафиксировано. Если магнитная система движется справа налево (относительно точки 0), она переместится в точку $-D_{op}$, где микросхема сработает. При дальнейшем сдвиге будет пройдена точка $-D_{max}$, а затем достигнута точка отпускания $-D_{rel}$! микросхема выключится OFF. Разнесенные магниты позволяют точнее определять точку d=0, т.к. крутизна характеристики $B_{amb}(d)$ снижается. На рис. 18, б показан способ обострения этой характеристики. Здесь использованы три магнита без зазоров.

На рис. 18, в показана другая двухмагнитная система (не со сдвигом, а с зазором). Здесь добавлен

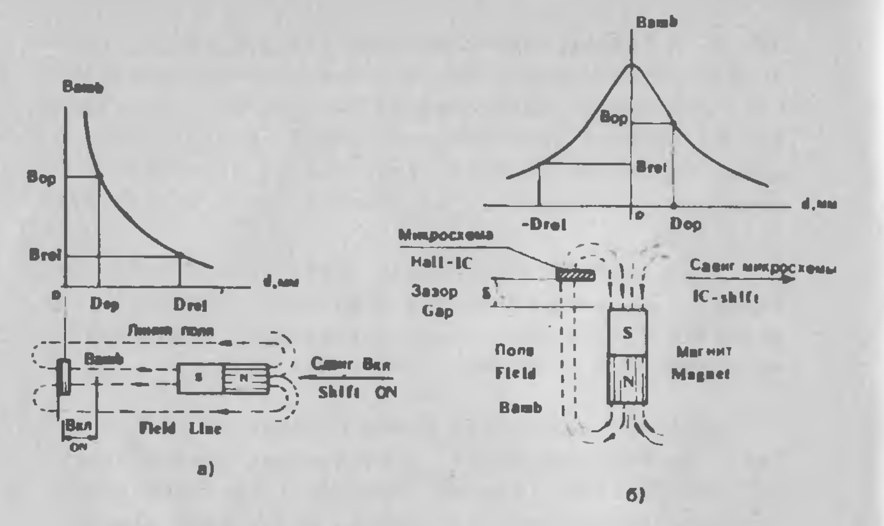
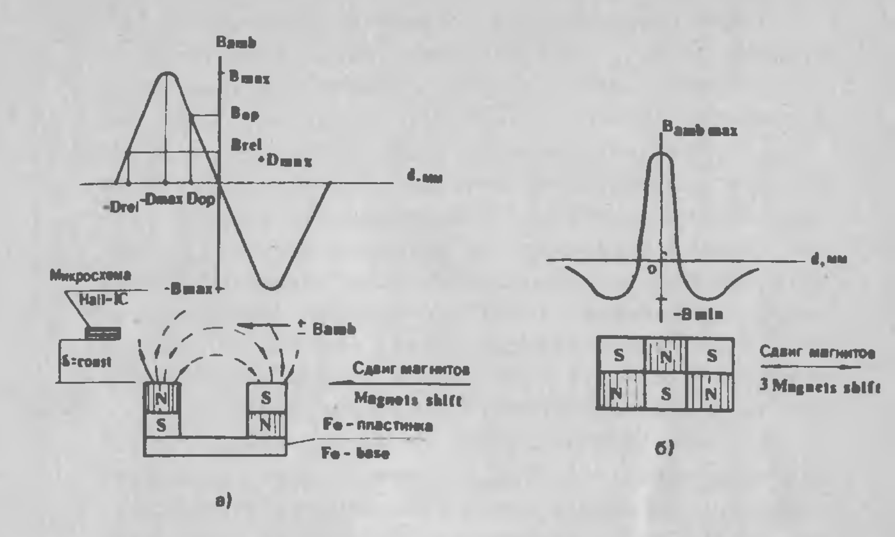


Рис. 17 Способы изменения магнитного поля в зазоре "микросхема – магнит": а – передвижением магнита; б – передвижением микросхемы.

стационарный магнит (магнит для смещения передаточной функции). В зависимости от ориентации этого магнита можно получить различные зависимости $B_{amb}(d)$. т.к. оба магнитных поля могут складываться или вычитаться.

Для создании равномерности магнитных линий в зоне элемента Холла можно использовать концентратор поля (рис. 18, г) что позволяет применять маленькие (слабые) магниты.

Во многих системах измерения скорости вращения используются вращающиеся кольцевые магниты. Простейший датчик такого рода показан на рис. 19, а. Изготавливаетси диск из магнитного материала. Полюсные пары намагничиваются по его окружности в определенном порядке. Вращение такого диска дает синусоидальную во времени функцию изменения магнитного поля $B_{amb}(t)$ Если отметить уровень индукции срабатывания B_{op} и отпускания B_{rel}. то при вращении магнитного диска, на выходе микросхемы получится последовательность прямоугольных импульсов.



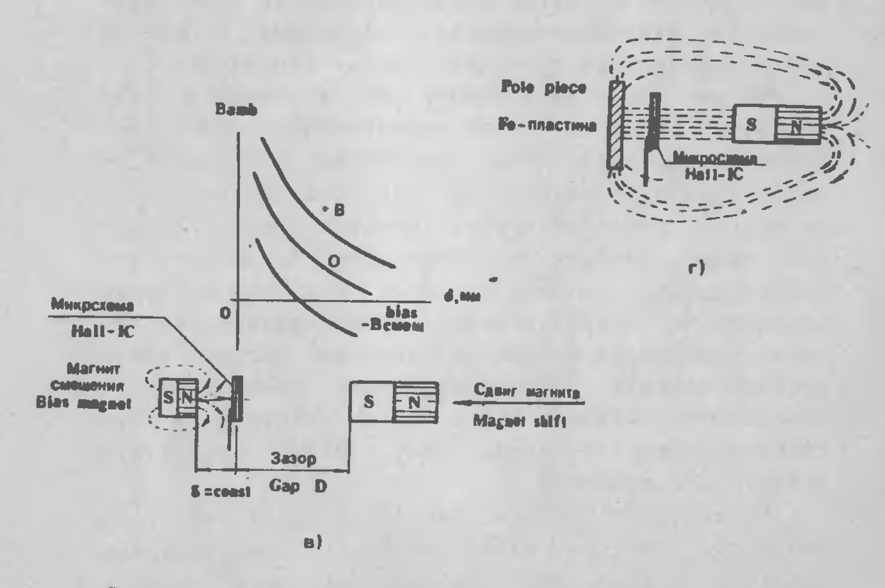


Рис. 18 Биполярные режимы внешнего поля: а – снижение крутизны перехода через ноль: б – обострение характеристики перехода; в – смещение характеристики обнаружения; г – концентратор поля.

Таким способом можно измерять время фронта t^{LH}_{on} и среза t^{HL}_{off} для микросхем Холла (см. табл. 2).

Отметим, что увеличение числа пар полюсов по окружности диска уменьшает импульсы индукции B_{max} При изготовлении такого магнита требуется полная равномерность материала по окружности, что весьма затруднительно. Синусоидальная функция будет иметь искажения, а выходные импульсы - дрожать. На прохождение каждой пары полюсов цифровой выход микросхемы Холла генерирует импульс (см. рис.19,а). Таким образом, как отклик на оборот кольцевого магнита с 30 парами полюсов, можно наблюдать последовательность из 30 импульсов.

На рис.19,б показана схема аналогового ограничителя числа оборотов (например, для прядильной машины). На выходе схемы генерируется отрицательный спад "Стоп", когда накапливаемый по мере поступления входных импульсов "лестничный" сигнал на входе компаратора превысит входное напряжение.

На рис. 19,в дана схема, где с помощью двух цифровых микросхем Холла определяется направление вращения магнита. Обе микросхемы располагаются вплотную вблизи окружности кольцевого магнита. Если магнит вращается против часовой стрелки, то южный полюс пройдет от микросхемы DA2 до DA1, что меньше времени полного оборота. Если направление вращения по часовой стрелке, время прохождения южного полюса от DA2 до DA1 занимает большую часть периода оборота. Сравнив интервалы времени между включениями датчиков DA2 и DA1 со временем оборота (относительно включения DA2), можно определить направление вращения.

Генератор Clock (см. рис.19,в) дает тактовые импульсы. Счетчик реверсивный up/down добавляет (считает на увеличение, up) эти импульсы начиная от включения DA2 и останавливается после включения DA1. За оставшуюся часть оборота содержимое счетчика уменьшается (считает down). Короткий интервал времени между моментами включения DA2 и DA1 приводит к тому, что меньше импульсов прибавляется, чем

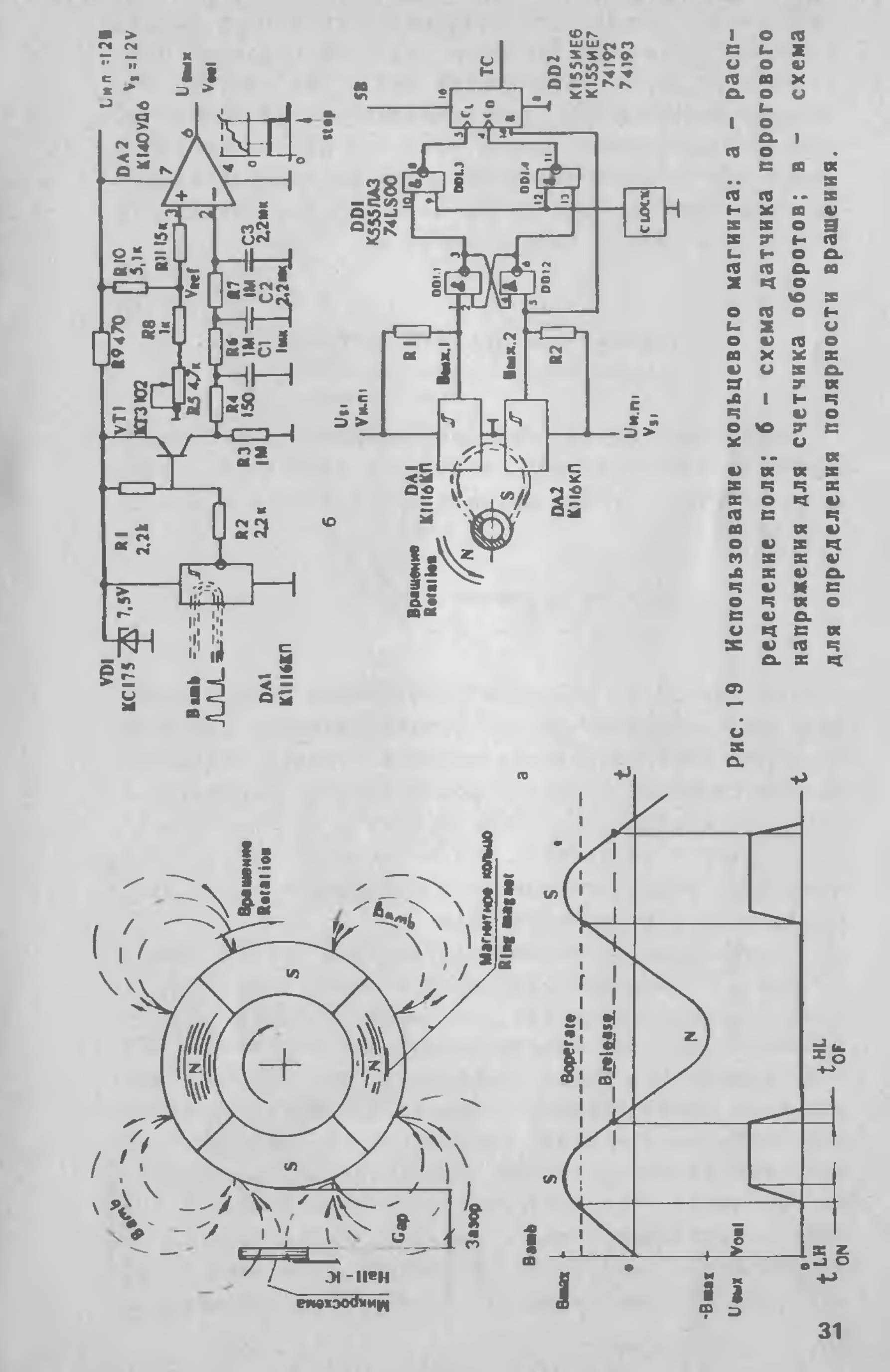


Рис.19 Использование кольцевого магнита: а – распределение поля; б – схема датчика порогового напряжения для счетчика оборотов; в – схема для определения полярности вращения.

вычитается, из-за чего появляется сигнал на выходе счетчика ТС – счет закончен. За время длинной части периода между включениями DA2 и DA1 больше импульсов добавляется, чем вычитается и на выходе ТС сигнала окончания счета нет. В рассматриваемой схеме это соответствует вращению по часовой стрелке. При вращении против часовой стрелки сигнал ТС появляется каждый оборот магнита.

Типовые конструкции датчиков.

Известен целый ряд конструкций датчиков магнитного поля, например, датчики положения с зазором, датчики тока, датчики для зубчаток и многие другие.

Датчики положения.

На рис.20,а показана простейшая конструкция датчика положения с магнитным зазором. Здесь же показаны ориентировочные размеры такого датчика. Магнит смещения и датчик Холла жестко закреплены в корпусе специальной конструкции, выполненном из немагнитного материала. Более сложные конструкции содержат концентраторы поля, создающие узкую зону равномерного магнитного поля.

Нормальное состояние для датчика этой конструкции – "Включено" ON. Если в зазор ввести пластинку из ферромагнетика, линии поля прервутся и выходной сигнал микросхемы Холла выключится OFF (см. рис.20,б). Форма ферромагнитных гребенок может быть разнообразной. На рис.20,в показана плоская зубчатка с окнами, которая хорошо известна по оптоэлектроным датчикам. Существенное преимущество магнитного датчика перед оптоэлектронным – это нечувствительность как к видимому свету, так и к инфракрасному излучению. По потреблению тока питания магниточувствительная микросхема существенно

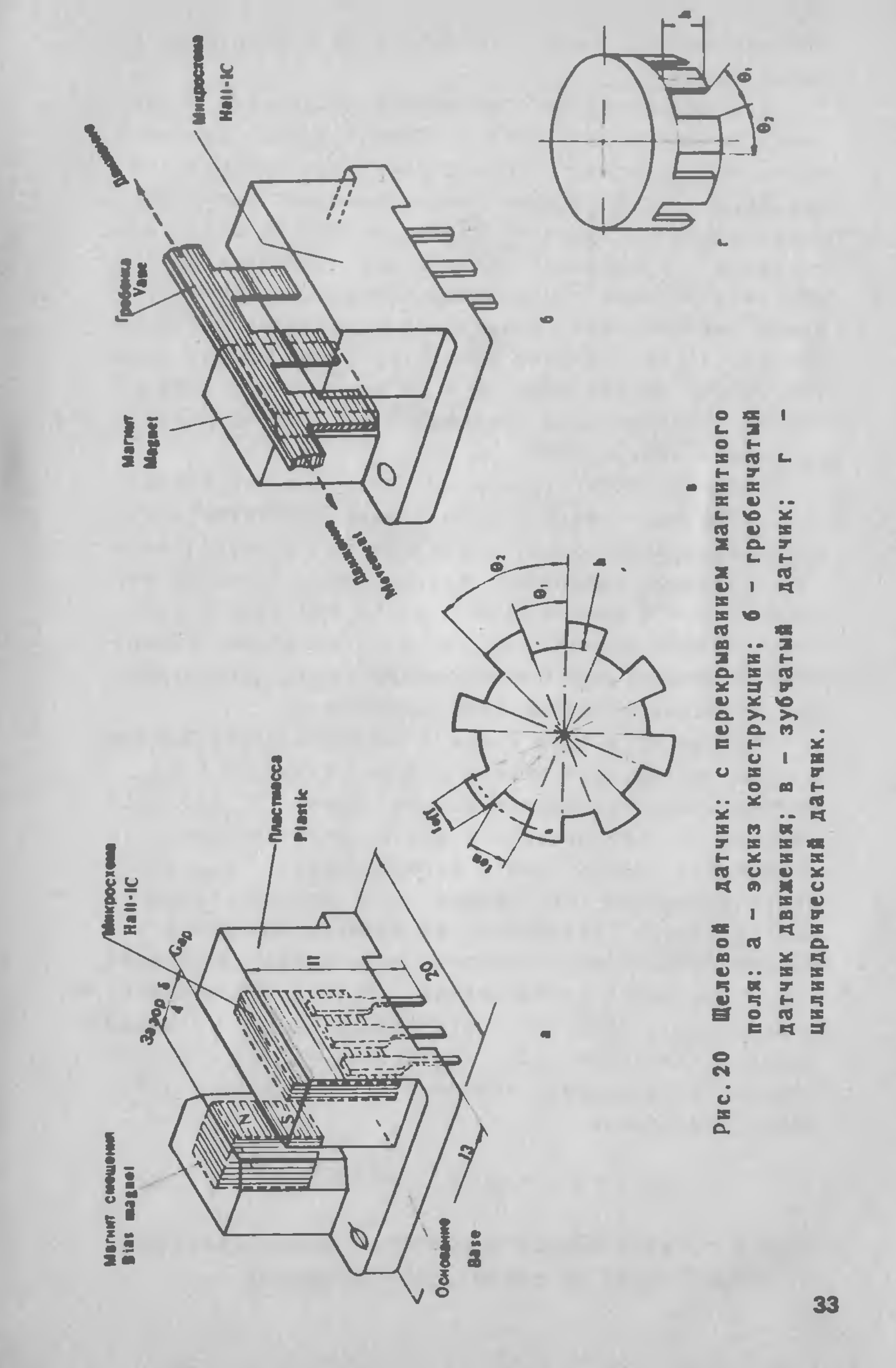


Рис.20 Щелевой датчик: с перекрыванием магнитного поля: а – эскиз конструкции; б – гребенчатый датчик движения; в – зубчатый датчик; г – цилиндрический датчик.

экономичнее (I_s = 5...10 мА), а по конструкции гораздо проще.

Другая конструкция вращающегося датчика - гребенки показана на рис.20,г. Окна и зубцы цилиндра здесь имеют прямоугольную форму (а не сектора, см. рис.20,в), что улучшает форму выходных импульсов, когда интервал времени "Включено" ON больше, чем интервал "Выключено" OFF. По конструкции ансамбль щелевого датчика с цилиндром более компактен. Типовые минимальные размеры для зубчатых датчиков (см.рис.21,а): толщина δ = 1...1,5 мм, ширина зуба t = 10 мм, ширина окна w = 10 мм и высота зуба l= =10 мм. Максимальная толщина зуба ограничивается величиной зазора δ.

Об'ем ферромагнитного материала, перекрывающего магнитный поток в зазоре между магнитом и поверхностью микросхемы, определится произведением t•l. Однако выбранные недостаточно большими ширина окна w и высота зуба l могут привести к тому, что в зазоре датчика будут в переходный момент присутствовать края двух зубцов сразу, что приведет к ложным срабатываниям микросхемы.

На рис.21,а (вид сверху) показано прохождение зубцом магнитного поля в зазоре. Индукция B_{amb} в свободном зазоре изменится по длине l согласно графику 1. Когда край зубца 2 входит в зазор, он экранирует часть поля и распределение $B_{amb}(1)$ становится сложным (см. график 2). Осциллограмма 3 соответствует положению во времени выходного импульса микросхемы, которая включилась в момент t_{on} (индукция срабатывания B_{op}) и выключилась в момент t_{off} (индукция отпускания B_{rel}). Линейная скорость движения зубца составляет v, поэтому длительность выходного импульса для одиночного зубца можно определить

$$\Delta\tau = \tau_{on} - \tau_{off} \approx \Delta l / v \approx t/v \qquad (8)$$

однако, перед входом зубца 2 в зазор, срез зубца 1 должен выйти за точку B_{rel} графика 1.

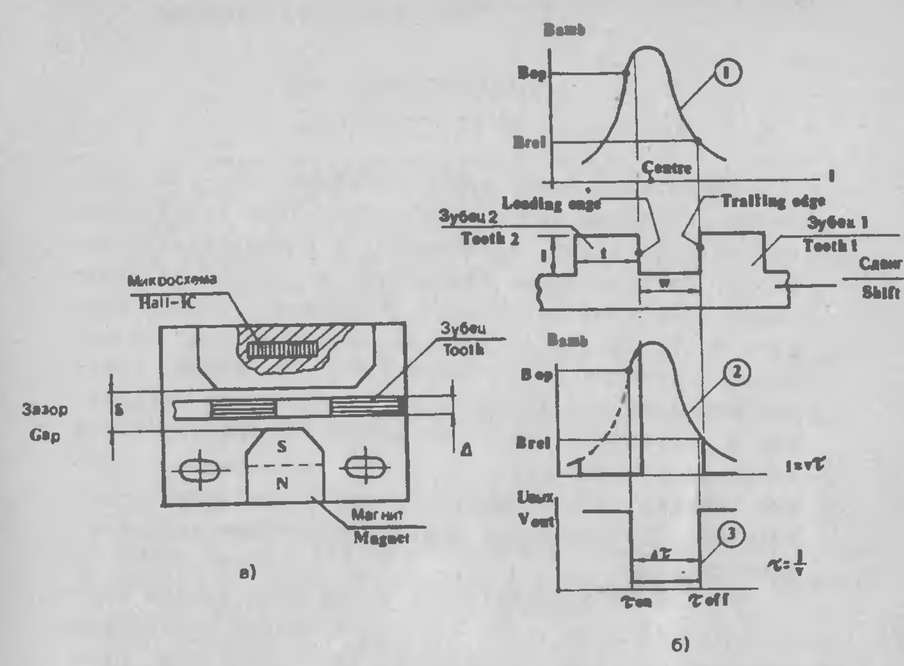


Рис.21 Функции переключения для щелевого датчика.

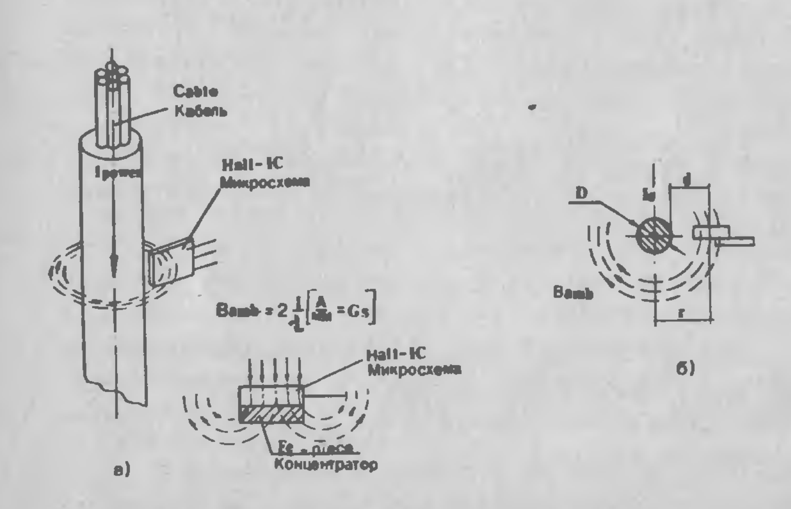


Рис.22 Способ бесконтактного измерения сильных токов: а - поле кабеля; б - модель расчета.

Датчики тока.

Микросхемы Холла как с линейным, так и с цифровым выходами можно использовать как бесконтактные датчики токов, протекающих в изолированных кабелях. Пределы таких измерений: от 250 мА до тысяч ампер. Выходное аналоговое напряжение можно усилить и обработать с помощью дополнительных усилителей и компараторов. Микросхемы с линейным выходом пригодны для бесконтактного измерения переменных и постоянных токов. На основе микросхем Холла можно сконструировать, например, электронные сетевые "пробки" или безындукционные счетчики электроэнергии с пренебрежимо малым собственным потреблением энергии.

На рис.22,а представлен эскиз конструкции простейшего датчика тока. Здесь микросхема с линейным выходным сигналом расположена (на безопасном расстоянии!) вблизи токонесущего проводника.

Таким способом удается измерять относительно большие токи в высоковольтных кабелях и другом электрооборудовании. Для системы, показанной на рис.22,б, можно ориентироваться на следующие параметры: $I_{min} = 50\ \text{А}$ (постоянный ток), диаметр кабеля с изоляцией 10 мм, максимальный ток до 500 А. Расстояние от центра проволоки до поверхности микросхемы:

$$r = D/2 + d = 5 + 5 = 10\ \text{мм}, \qquad (9)$$

причем d = 5 мм - выбранная безопасная дистанция до микросхемы. Определим пределы магнитной индукции, использовав эмпирическое соотношение, приведенное на рис.22,а:

$$B_{min} = 2I/r = 2(50\ \text{А})/(10\ \text{мм}) = 10\ \text{Гс} = 1\ \text{мТл}$$

$$B_{max} = 2 \cdot 500/10 = 100\ \text{Гс} = 10\ \text{мТл} \qquad (10)$$

Выходное напряжение линейной микросхемы Холла:

$$U_{вых} = U_{смо} + S\,B_{amb}, \qquad (11)$$

где $U_{смо}$ - смещение нуля на выходе при $B_{amb} = 0$ ($U_{смо}$ можно сбалансировать до нуля), S - чувствительность: $S = U_{вых}/B_{вх}$ [мВ/Гс или мВ/мТл]. Чувствительность S определяем по передаточной характеристике микросхемы (см. рис.3,б; выбираем V_S=12 В), где S = 6В/800Гс = 7.5мВ/Гс = 0,75мВ/Тл.

$$U_{вых\ min} = S\,B_{min} = 7{,}5 \cdot 10 = 75\ \text{мВ}, \qquad (12)$$

$$U_{вых\ max} = S\,B_{max} = 7{,}5 \cdot 100 = 750\ \text{мВ}, \qquad (13)$$

$$U_{вых} = U_{вых\ max} - U_{вых\ min} = 675\ \text{мВ}, \qquad (14)$$

здесь $U_{вых}$ = 675 мВ отображает изменение тока в пределах 50...500А. Это шкала для электронного амперметра, время срабатывания которого 1...10 мкс. Такое устройство позволяет формировать последовательность байтов для процессорной системы контроля, после перевода $U_{вых}$ в цифру с помощью АЦП.

На рис. 23,а показана схема существенно более чувствительного датчика, способного измерять токи в пределах 0,25А...1000А. Конструкция для особо сильных токов показана на рис.23,б (ее можно оформить, например, как токоизмерительные клещи).

Для магнитопровода выбирается материал с узкой петлей гистерезиса. Катушка для тока 1 (см. рис. 23,а) не должна вносить потери в цепь и перегреваться измеряемым током. В конструкции (рис.23,б) в кабель с током потери не вносятся. Параметры конструкции (рис.23,а): при номинальном токе 15 А (предельный ток до 20 А) и требуемой для микросхемы индукции 40 мТл = 400 Гс (см. рис.3,б) катушка должна иметь 4 витка.

Для определения зазора δ (в системе с переменным током, рис.23,а) используется эмпирическое уравнение:

$$B_{amb} = 12{,}7\ w\ I/\ \delta \qquad (15)$$

$$\delta = 12{,}7\ w\ I/B_{amb} = 12{,}7\cdot 4\cdot 18/400 = 2{,}29\ мм \qquad (16)$$

Согласно (11). $U_{вых} = U_{смо} + S\,B_{amb}$, откуда можно определить амплитуду от пика до пика выходной синусоиды:

$$U_{вых\ п-п} = U_{смо} + S\,B_{max} - [\,U_{смо} + S\,(-B_{max})\,] = 2SB_{max} \qquad (17)$$

Учитывая S=7.5 мВ/Гс при максимальном поле 400 Гс, получаем:

$$U_{вых} = 2\cdot S\cdot B = 6В \qquad (\text{от пика до пика}).$$

На рис.24 в качестве примера показаны характеристики индукции в зазоре для двух магнитопроводов: ленточного тороида (рис.24,а) и ферритового тороида (рис.24,б). По горизонтальной оси откладывается значение ампер-витков wI, по вертикальной - напряженность B_{amb} в зазоре δ. Для феррита величины B_{amb} и wI меньше в два раза.

Графики (рис.24,а-б) могут служить ориентиром для проектирования тестера микросхем Холла (см.рис.25). Этот аппарат предназначен для испытания новых микросхем перед установкой на печатные платы. Ток намагничения I должен регулироваться в широком диапазоне. После предварительных экспериментов для каждого определенного типа микросхем Холла фиксируется номинальное значение тока I. Для контроля величины $B_{amb}(wI)$ в зазоре используется стандартный теслометр типа ЭМЦ2-17. После такой калибровки прибор пригоден для проверки данных B_{op} и B_{rel} (см. табл.2 и 3).

Амперметр PA1 показывает ток намагничивания.

Микросхемы К1116КП имеют три варианта цоколевок, под которые предназначены контактные колодки XS1.1, XS1.2, XS1.3. Контактная колодка должна допускать размещение микросхемы в зазоре δ.

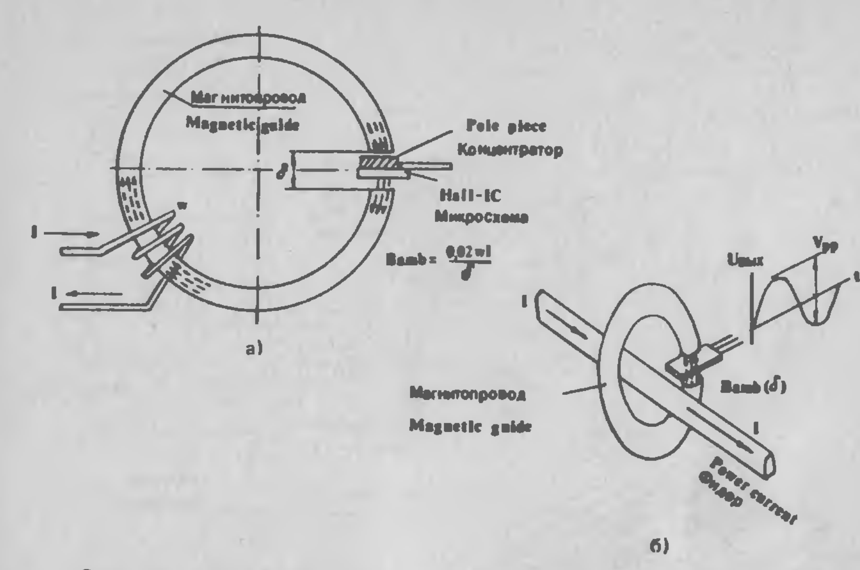


Рис.23 Измерение токов кольцевым магнитопроводом: а - с катушкой тока; б - тороид на кабеле.

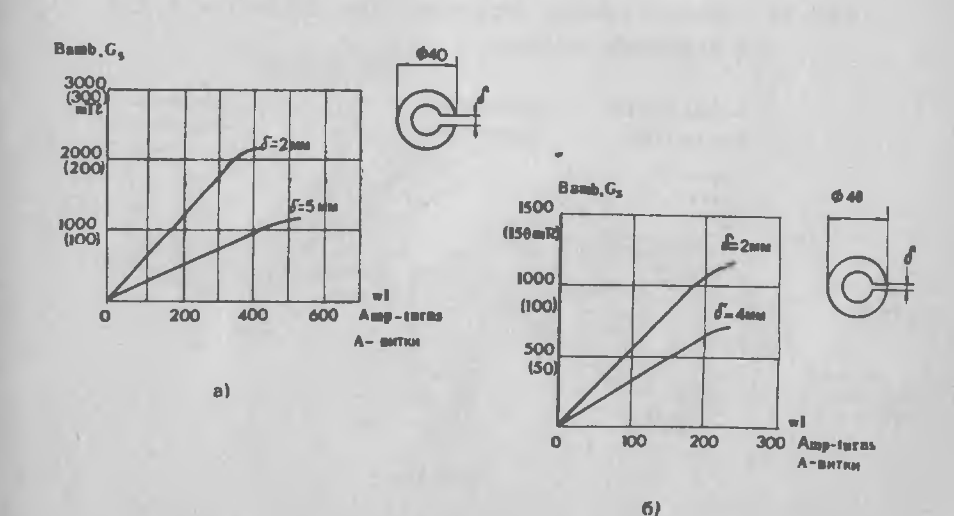


Рис.24 Графики для индукции в зазоре (см.рис.23,а): а - сердечник феррометаллический; б - сердечник ферритовый.

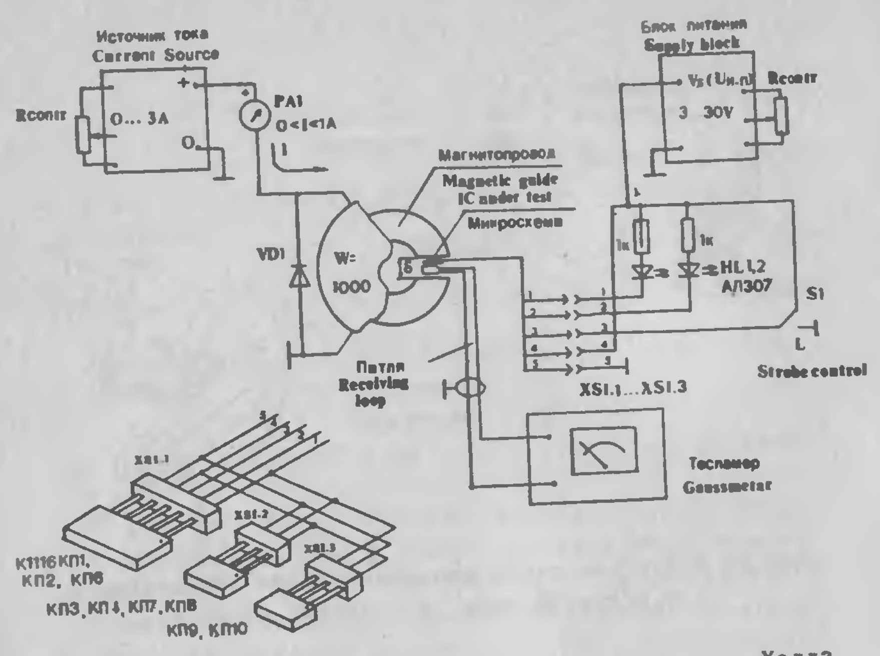


Рис. 25 Измерительная установка для микросхем Холла с цифровым выходом.

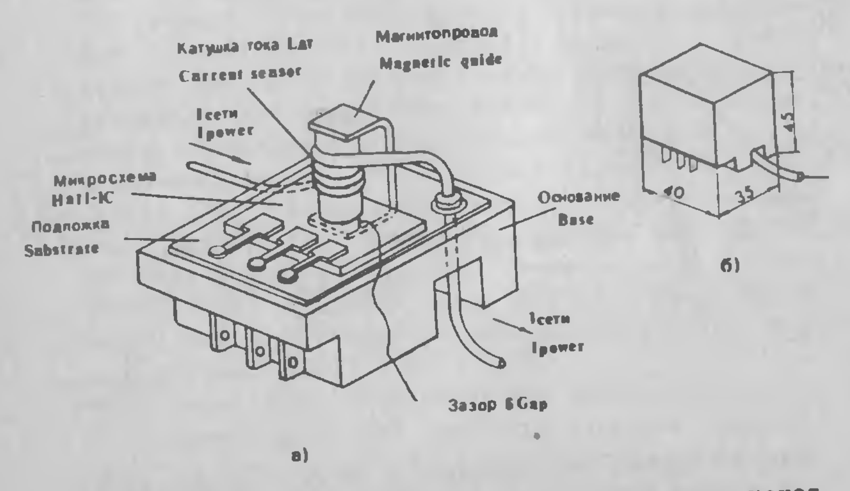


Рис. 26 Датчик максимального тока: а - эскиз конструкции; б - габариты;

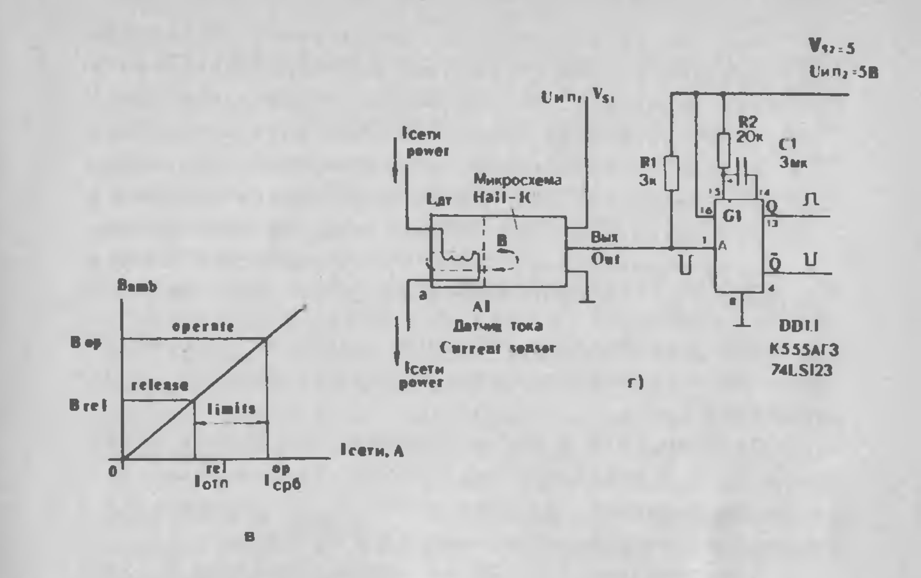


Рис. 26 Датчик максимального тока: в - функции срабатывания и отпускания; г - схема формирования импульса перегрузки.

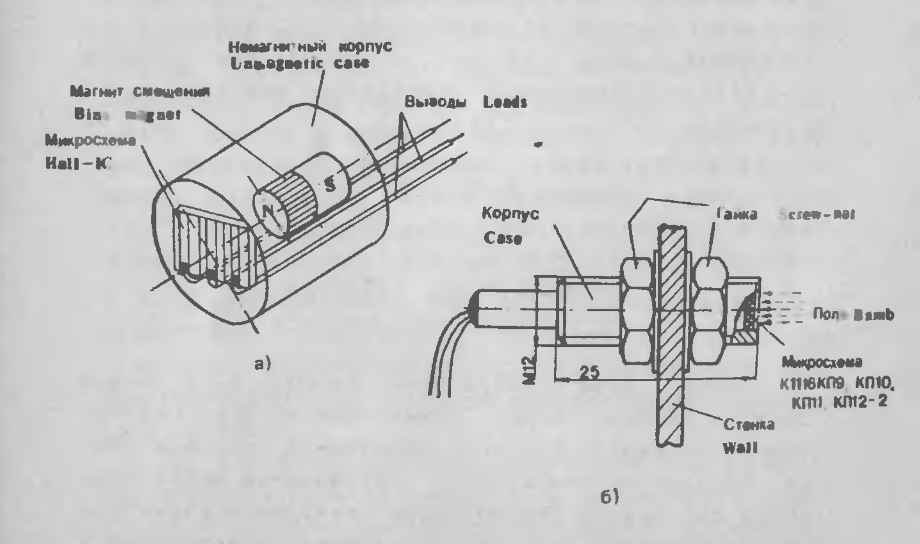


Рис. 27 Цилиндрический датчик магнитного поля: а - внутренниее устройство; б - эскиз конструкции

На рис.26,а показана конструкция индикатора максимального тока с цифровым выходом (электронная сетевая "пробка"). На пласмассовом основании фиксируется микросхема Холла, катушка-датчик тока $L_{дт}$, их соединяет простейший магнитопровод. Ансамбль имеет 5 выводов: два силовых для сетевого тока и три малосигнальных для микросхемы. Магнитное поле в зазоре равномерное, оно пропорционально току в катушке $L_{дт}$. На рис.26,б приведены ориентировочные размеры устройства с защитным корпусом. На графике (рис.26,в) отмечены точки срабатывания I_{op} и отпускания I_{rel}.

Отметим, что в магнитопроводе при броске сетевого тока I наводятся экстратоки самоиндукции, дающие противополе, за счет чего B_{amb} уменьшается и момент включения микросхемы запаздывает.

Конструкцию (рис.26,а) можно применить в линейном режиме измерения тока сети. На рис.26,г показана электрическая схема формирования выходного импульса ждущим мультивибратором. Схема необходима для обслуживания датчиков постоянного тока. Скачок выходного сигнала от микросхемы Холла подается на инверсный вход запуска $\bar{A}$ микросхемы К555АГ3 (74LS123). Длительность выходного импульса можно расчитать:

$$\tau_{вых} = 0,45\ C_1 R_2 . \qquad (18)$$

Датчики поля зубчаток.

Датчик поля, показанный на рис.27,а, можно считать универсальным, применимым во всех механических системах, где есть движущиеся стальные части. В немагнитном корпусе расположены микросхема Холла со схемой формирования выходного сигнала и магнит смещения. Эскиз простейшей конструкции и ориентировочные размеры такого датчика показаны на

рис.27,б.

На дальнейших рисунках показано несколько применений датчиков перемещения зубцов. На рис.28,а показана схема устройства для подсчета числа зубцов, проходящих мимо датчика. Каждый зубец, расположившийся напротив датчика, явится концентратором магнитного потока, поэтому индукция в зазоре скачком увеличится на величину ΔB.

На рис.28,б показано применение датчика для с'ема скачков магнитного поля от дискового магнита. Здесь датчик Холла включен в цепь обратной связи электродвигателя постоянного тока, что позволяет эффективно регулировать не только число оборотов, но и фиксировать угловую скорость, поскольку в процессор подается высокостабильная опорная частота F_{clock}. Стабильность поддержания угловой скорости зависит от качества изготовления кольцевого магнита.

Управлять скоростью двигателей переменного тока несколько проще. На рис.29 показано расположение трех микросхем Холла относительно ротора микроэлектродвигателя-альтенатора, не имеющего электрического коллектора. Для переключения тока в обмотках статора вместо обычных щеток используются микросхемы Холла (они не истираются, не искрят, можно свести к минимуму перекрытие соседних ламелей коллектора). Трехфазный сигнал возбужденя обмоток формируется тремя приемными микросхемами DA1...DA3 и подключаемой к ним специальной микросхемой управления, выходные токи которой достигают 1,5...2,5А (например, типа HA13409 фирмы Hitachi). Бесщеточная конструкция упрощает изготовление "плоских" электродвигателей и сверхскоростных (более 10000 $мин^{-1}$), несмотря на усложнение электронного блока.

На рис.30,а показана идея безопасного электроизмерителя расхода топлива. В запаянной камере из немагнитного материала вращается на часовых опорах магнитная вертушка (в данном случае четырехполюсная). Частота выходного сигнала датчика,

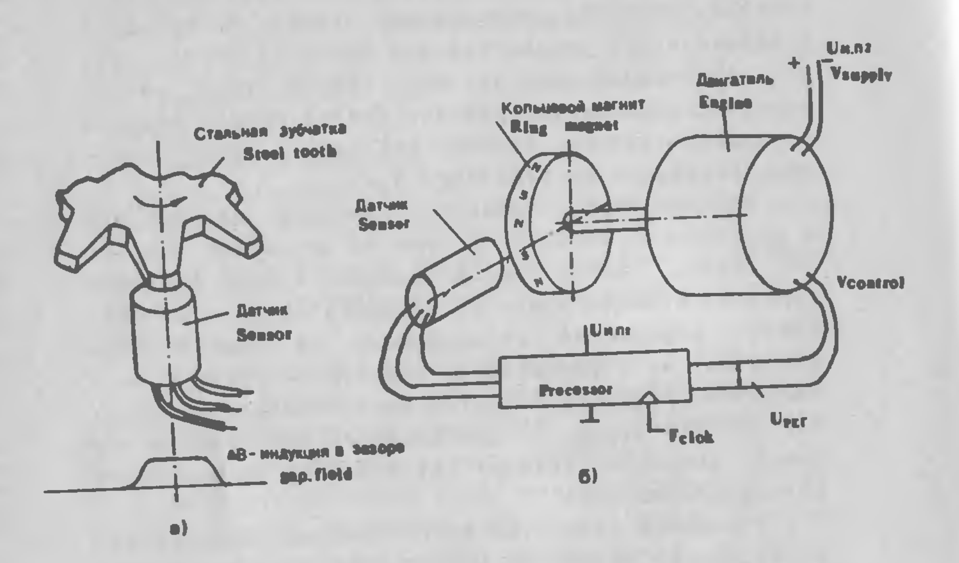


Рис.28 Использование цилиндрического датчика: а - счетчик зубцов (оборотов); б - счетчик с кольцевым магнитом для управления электродвигателем.

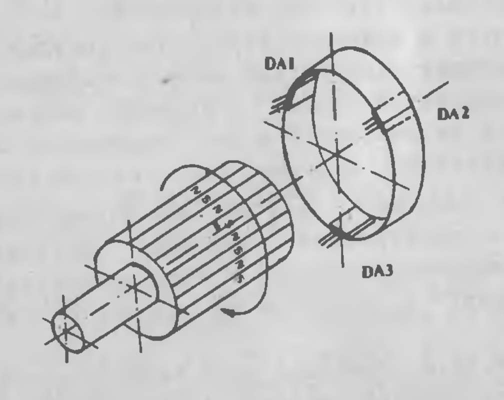
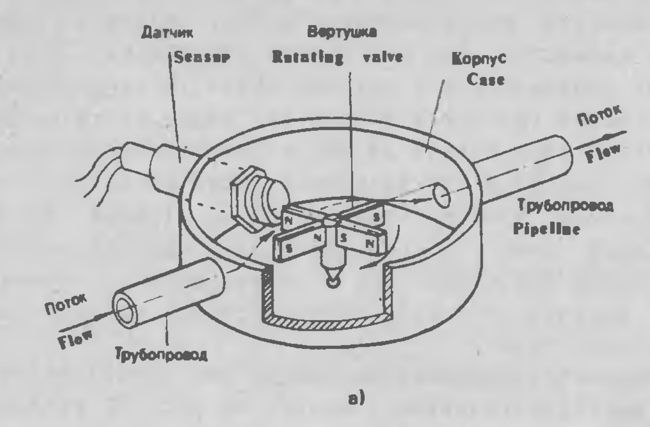


Рис.29 Трехфазный датчик для электродвигателя.



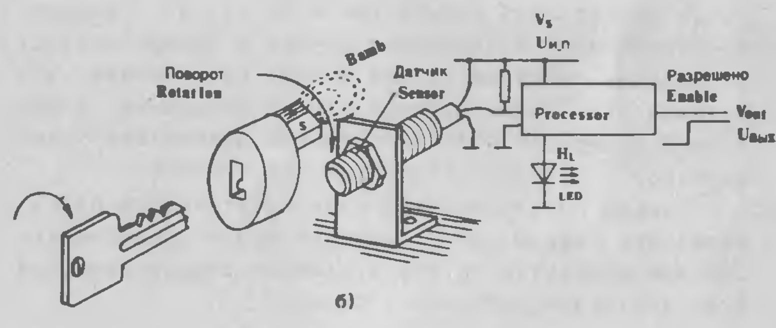


Рис.30 Расходомер (а) и магнитный замок (б), основанные на цилиндрическом датчике.

ввинченного в камеру с соответствующим уплотнением, пропорциональна числу оборотов вертушки, которую надо откалибровать по эталонному расходу.

На рис.30,б показана простейшая конструкция электронного замка зажигания. Кроме обеспечения безопасности, бесконтактный магнитный замок нечувствителен ко многим внешним воздействиям, а в электронных системах необходим для формирования сигнала "открыто".

На рис.31,а показано устройство для измерения минимального уровня жидкости в баке (топливо, ядовитые жидкости). При достижении аварийного уровня магнит приближается к датчику Холла, который передает сигнал тревоги в компьютер. Можно расположить на стенке бака второй датчик максимального уровня.

На рис.31,б показан простейший магнитный кодовый замок. Изменяя число магнитов (здесь 3) в магнитной карте и сочетание их полюсов, можно сравнивать полученный код с заложенным в компьютер, который даст либо исполнительный сигнал, либо сигнал тревоги.

Бесконтактные датчики удобны для необслуживаемых метеорологических станций. На рис. 32 показан эскиз конструкций анемометра а на рис.33 - анеронда-термометра. В последнем случае в зазор следует установить линейный датчик Холла. Существенно, что сигналы этих метеоприборов это не показания стрелочных приборов, а поток цифровых данных для компьютера.

Весьма привлекательна идея электронного безстрелочного манометра, в котором можно использовать обычную изогнутую трубку Бурдона, заканчивающуюся чувствительным датчиком с зазором.

Бесконтактные переключатели.

Наиболее широко микросхемы Холла применяются в различных типах бесконтакных переключателей. Преимущества таких переключателей следующие:

- очень большое быстродействие;
- нет дребезга контактов;
- особая надежность;
- большой срок службы.

Недостатки такого подхода следующие: постоянно требуется питающее напряжение и клавиатура потребляет ток, стоимость несколько повышена.

На рис.34 показаны два подхода к конструкции кнопки (с возвратом) на базе микросхемы Холла.

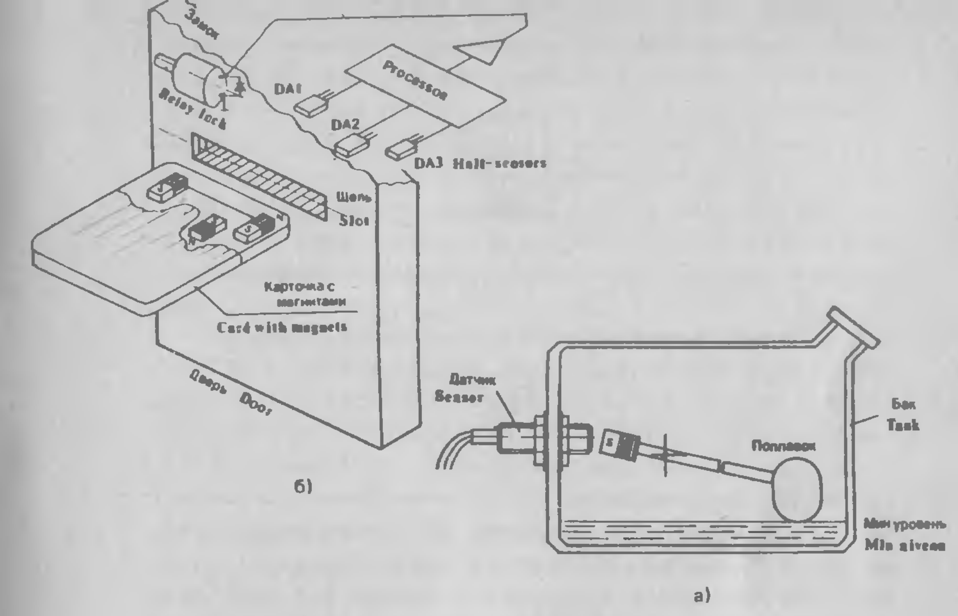


Рис.31 Индикатор минимального уровня жидкости (а) и использование магнитной карточки (б).

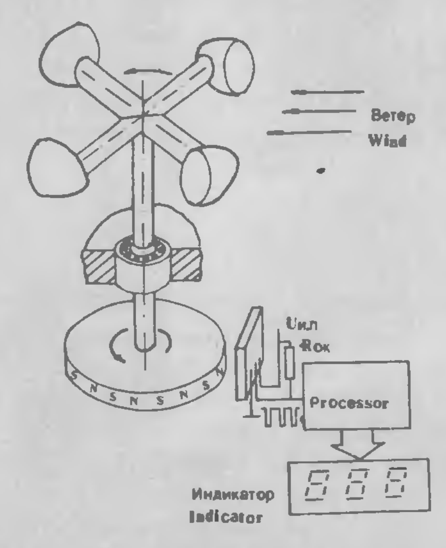


Рис.32 Устройство анемометра с многополюсным магнитом.

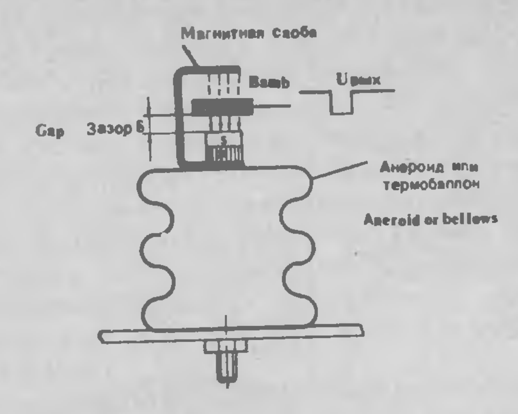


Рис. 33 Использование микросхемы Холла для индикации порогового давления или температуры.

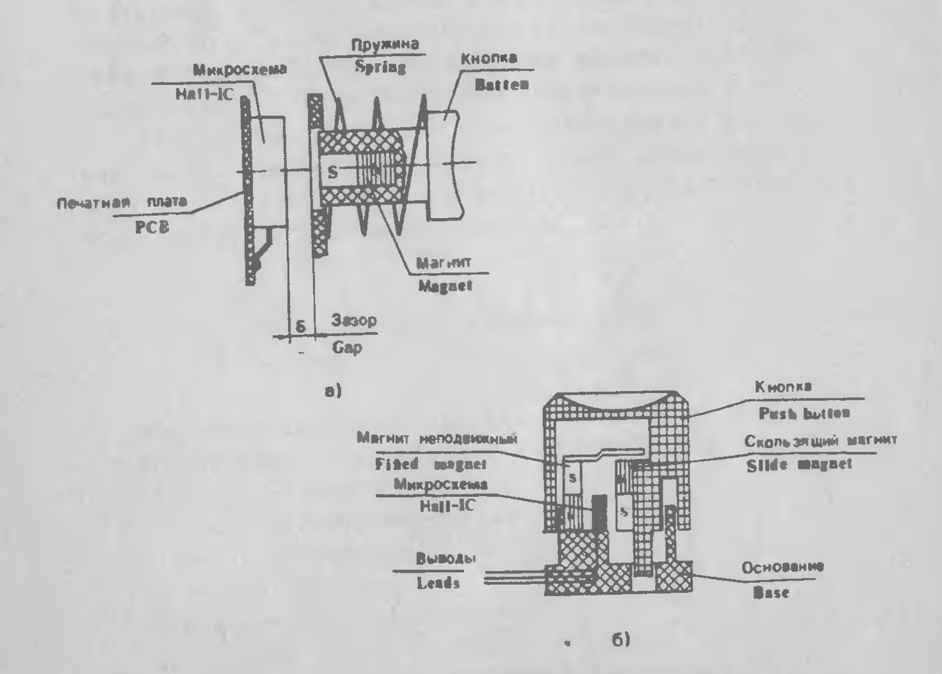


Рис. 34 Магнитная кнопка с пружиной (а) и с разнополярными магнитами (б).

Первое решение (рис. 34, а) - традиционное с возвратной пружиной. В теле кнопки фиксируется небольшой постоянный магнит. Микросхемы Холла располагаются на печатной плате - основании клавиатуры. Датчик Холла здесь нормально выключен OFF. После нажатия на кнопку, выходной сигнал микросхемы переходит в состояние "Включено" ON. Эта простейшая конструкция применима для сборки больших клавиатур.

Второй способ построения кнопки показан на рис. 34, б. Здесь вместо пружины (которая иногда ломается и застревает) использован второй магнит. Если кнопку нажать, скользящий магнит пойдет вниз, встанет напротив зафиксированного магнита. Поскольку их полярность противоположная, результирующее магнитное поле в зазоре $B_{amb} = 0$. В этот момент выходной сигнал микросхемы выключается, таким образом, эта кнопка - нормально замкнутая ON. Если кнопку отпустить, скользящий магнит оттолкнется от зафиксированного, кнопка вернется в исходное положение, и полем зафиксированного магнита B_{amb} микросхема будет включена.

Для производства клавиатур каждый год фирмы используют миллионы микросхем Холла. Это основная область применения таких микросхем с цифровым выходом.

Постоянные магниты.

Постоянный магнит - неот'емлемая часть конструкции практически любого датчика, основанного на микросхеме Холла. Магнит должен обладать широкой петлей гистерезиса, которая обеспечит большую энергию его перемагничивании и следовательно, не только максимальную удельную энергию (большая сила при минимальном об'еме), но и большую устойчивость к мощным внешним полям.

На рис.35,а показана широкая петля гистерезиса, График 1 – это первоначальная кривая, по которой магнит намагничивается только один раз от нуля до индукции насыщения B_{max}. В процессе размагничивания функция B(H) пойдет по графику 2 до индукции $-B_{max}$. Петля замкнется по кривой 3. Независимая входная переменная при этих процессах – сила намагничивания H, которая пропорциональна току I, пропускаемому через катушку w (см. рис.24). Магнитная индукция B – это выходной сигнал, она пропорциональна выходному напряжению катушки U.

Энергия, затрачиваемая на размагничивание E, пропорциональна произведению B•H. На рис.35,б показан квадрант размагничивания Б. Кривая для освобождаемой энергии имеет максимум $E_{max}=B \cdot H_D$. Другими словами, магнит размагнитится, если создать размагничивающую силу большую, чем H_D. Предельная форма петли гистерезиса – прямоугольник.

Широкую прямоугольную петлю гистерезиса обеспечивают различные материалы: традиционный сплав альнико, металлокерамика, редкоземельные магнитные сплавы, бариевые ферриты. В качестве ориентира можно выбрать цифры: B_r = 2...10 тыс.Гс = 0,2...1 Вб/м^2 H_c = 3...10 тыс.Э и E_{max} = 20•10^6 Гс•Э. Магниты изготавливаются многими предприятиями согласно ГОСТ 17809-72 "Магниты", ГОСТ 13598-68 "Магниты металлокерамические", ГОСТ 21559-76 "Магниты редкоземельные".

На рис.36 показаны эскизы формы некоторых магнитов, выпускаемых заводом "Электроконтакт" (г.Кинешма). Технические характеристики металлокерамических магнитов сведены в табл.4. В табл.5 указаны обозначения и даны размеры малогабаритных магнитов из этой серии. В табл.П.1 "Приложения" приведены основные магнитные единицы и некоторые соотношения между ними. (табл.П.2)

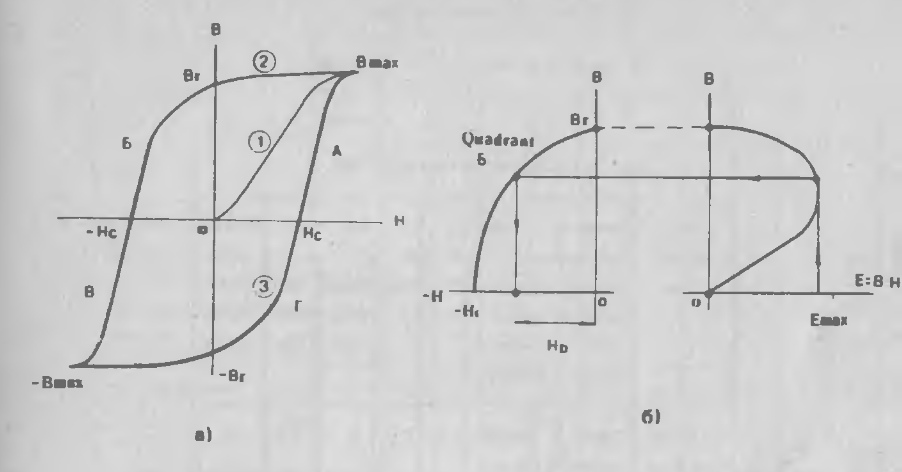


Рис.35 Основные характеристики постоянного магнита: а – петля гистерезиса; б – энергия перемагничивания.

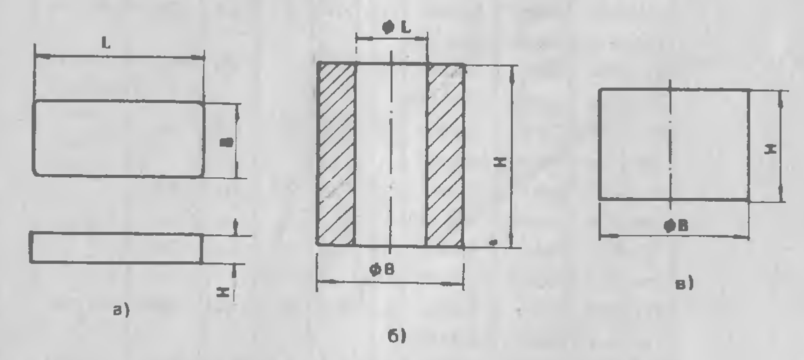


Рис.36 Магниты завода "Электроконтакт": а – прямоугольный; б – трубчатый; в – цилиндрический.

Редакция и заказы микросхем по адресу:
Москва, 123436, 1-й Волоколамский проезд, 10
ОКБ "ГИПЕРОН"
Телефон 196-82-80
Телетайп: "МОЩНОСТЬ"

Таблица 1

Выбор микросхем серии К1116КП

Тип микро-схем	Магнитная характеристика по входу	Выход		Корпус			Наличие входа стробирования
		Передаточная характеристика	См. рис.	Рис.	Число выводов	Шаг выводов	
К1116КП1 (рис.7,в)	Униполярная	Прямая (два выхода ОК	5,б	7,б	5	2,5	Да
К1116КП2 (рис.7,а)	Униполярная	Инверсная (два ОК)	5,а	7,б	5	2,5	Да
К1116КП3 (рис.9,а)	Униполярная	Прямая (один ОК)	5,б	9,б	3	2,5	Нет
К1116КП4 (рис.9,а)	Биполярная	Прямая (один ОК)	5,в	9,б	3	2,5	Нет
К1116КП6 (рис.7,в)	Униполярная	Прямая (два ОК)	5,б	7,б	5	2,5	Да
К1116КП7 (рис.9,а)	Биполярная	Прямая (один ОК)	5,в	9,б	3	2,5	Нет
К1116КП8 (рис.9,в)	Биполярная	Прямая (один ОК)	5,в	9,б	3	2,5	Нет
К1116КП9 (рис.9,а)	Униполярная	Прямая (один ОК)	5,б	9,б	3	1,25	Нет
К1116КП10 (рис.9,а)	Униполярная	Прямая (один ОК)	5,б	9,б	3	1,25	Нет
К1116КП11 (рис.11,а)	Биполярная	Прямая (один ОК)	5,в	11,а	3	1,25	Нет
К1116КП 12-2 (рис.12)	Биполярная	Прямая (один ОК)	5,в	12 бескорп	3	1,25	Нет

Таблица 2

Параметры микросхемы серии К1116КП

Параметры		Единицы измерения	Пределы параметров при $t_{amb} = 25 + 5^{o}C$										
			КП1	КП2	КП3	КП4	КП6	КП7	КП8	КП9	КП10	КП11	КП 12-2
Напряжение питания, $U_{и.п}$	min max	В	4,5 5,5	4,5 5,5	6 16	6 12	4,5 29,7	20 35	4,5 5,5	4,5 5,5	4,5 5,5	4,5 12,0	4,5 12,0
Напряжение переключения, U_{sw}	min max	В	1,5 10	1,5 10	1,5 16	- -	1,5 29,7	1,5 12	1,5 5,5	4,5 5,5	1,5 5,5	4,5 12,0	1,5 12,0
Ток потребления, $I_{пот}$	min max	мА	5 -	6 -	13 -	7,5 -	3,0 4,5	9 -	6 -	10 -	6 -	6 -	6 -
Выходное напряжение низкое, $U^{L}_{вых}$	max	В	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Выходной ток низкого уровня, $I^{L}_{вых}$	max	мА	25	25	25	25	30	25	25	20	20	25	25
Выходной ток высокого уровня, $I^{H}_{вых}$	min	мА	0,01	0,01	0,01	-	0,01	0,01	0,006	0,001	0,001	0,001	0,006
Индукция срабатывания, B_{op}	min max	мТл	- 80	25 -	- 55	- 30	- 80	- 30	- 30	- 35	- 40	- 13	- 30
Индукция отпускания, B_{rel}	min max	мТл	20	250 110	10	-30	20	-30	-30	10	40	-43	-30
Время включения, $t^{LH}_{вкл}$ (рис.19,а)	max	мкс	0,25	0,2	0,2	1	0,2	0,5	0,5	0,25	0,5	0,25	0,5
Время выключения, $t^{HL}_{выкл}$ (рис.19,а)	max	мкс	0,5	0,5	0,5	1	0,5	1,5	1,5	0,5	0,5	0,5	1,5
Окружающая температура, t_{amb}	min max	°C	-10 +70	-10.. +70	-45.. +125	-10.. +70	-60.. +85	-60.. +125	-10.. +125	-10.. +70	-10.. +70	-10.. +70	-10.. +70
Масса	max	г	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,22	0,5	0,2	0,3	0,3	0,02

Таблица 3

Популярные зарубежные микросхемы Холла

Фирма	Обозначение	Цоколевка (номера выводов)					Размеры корпуса, мм	U_{CC}	B_{op}	B_{rel}	t^{HL}	t^{LH}	I_O^{LH}	U_{CC}	U_{sw}	Замена из серии К1116КП	Совместимость цоколевки
		Общий	Вых.1	Вых.2	U_{cc}	Строб		В	мТл	мТл	мкс	мкс	мА	мА	В		
Honey-well	6SS2	1	3	2	4	-	5,3x5,3x22	4,5..5,5	88	5	1,5	1,5	10	4	12	КП1,КП6	Нет
	612SS2	1	3	2	4	-	5,3x5,3x22	6...24	60	5	1,5	1,5	10	13	13	КП1,КП6	Нет
Sie-mens	SAS241S4	1	2	3	4	-	10x6,5x2,1	5	65	35	1	2	30	3..6	20	КП1,КП6	Нет
	SAS250	1	2	-	4	3	10x6,5x2,1	0...30	65	5	1	2	30	3..6	30	КП1,КП6	Нет
	SAS251S4	1	2	3	4	-	10x6,5x2,1	5...27	65	10	1	2	30	3..6	20	КП1,КП6	Нет
	SAS261S4	1	2	-	4	3	10x6,5x2,1	4,75..18	65	10	1	2	30	3..5	20	КП1,КП6	Нет
Spra-gue	UGS3013	2	3	-	1	-	4,5x4,5x2	4,5...24	45	2,5	0,15	0,4	25	3..5	25	КП10	Да
	UGS3019	2	3	-	1	-	4,5x4,5x2	4,5...24	50	12,5	0,15	0,4	20	3..5	25	КП10	Да
	UGN3020	2	3	-	1	-	4,5x4,5x2	4,5...24	35	5	0,15	0,4	20	5	25	КП10	Да
	UGS3030	2	3	-	1	-	4,5x4,5x2	4,5...24	25	-25	0,15	0,4	25	5..9	25	КП7	Нет
	UGS3075	2	3	-	1	-	4,5x4,5x2	4,5...24	25	-15	0,1	0,2	50	7	25	КП7,КП11	Нет
	UGN3076	2	3	-	1	-	4,5x4,5x2	4,5...24	35	-35	0,1	0,2	50	3..7	25	КП8	Нет
	UGN3201M	4	2	3	1	-	DIP 8мм	5...16	75	10	-	-	25	20.25	30	КП6	Нет
Texas Inst-ru-ments	TL170C	2	3	-	1	-	4,2x5,2x5,3	4,75...7	25	22,5	-	-	20	4...6	30	КП4	Нет
	TL172	2	3	-	1	-	4,2x5,2x5,3	4,75...7	60	10	-	-	20	6	30	КП9	Нет
	TL175C	2	3	-	1	-	4,2x5,2x5,3	4,75...7	35	-35	-	-	20	7	30	КП4	Нет
	TL1701	2	3	-	1	-	4,2x5,2x5,3	4,75...7	40	-40	-	-	20	4...6	30	КП8	Нет
	TL1721	2	3	-	1	-	5,2x5x4,2	4,75...7	65	5	-	-	20	6	30	КП3	Нет
	TL3101C	2	3	-	1	-	5x5x1,6	4,75...7	25	25	-	-	20	4...6	30	КП11	Да
							4,2x4,2x1,5										
	TL3019C	2	3	-	1	-	5x5x1,6	4,75...7	50	12,5	0,35	0,085	30	3...7	40	КП3	Нет

Таблица 4.

Технические характеристики постоянных металлокерамических магнитов з - да "Электороконтакт"

Марка магнита	Индукция остаточная B_r, Вб/м^2	Коэрцитивная сила H_c, А/м	Удельная магнитная энергия E_{max}, Дж/м^2	Технические условия
МП-ЮНДК-12	0,55	40	45000	"
МП-ЮНДК-12Т	0,60	44	4700	ТУ16-538.384-82
МП-ЮНДК-24Т	0,95	44	10500	
ФБИ - 1а	0,19	125	2800	ТУ16-586.106-75
[illegible]	0,7	132	16,5	ТУ16-538.384-82

Таблица 5

Малогабаритные магниты з - да "Электроконтакт"

Рис.	Обозначение	Материал	L	B	H
36,а	8ФР.610.006	МП-ЮНДК-12	8	4	7
36,а	8ФР.610.067	МП-ЮНДК-24Т	6,5	3	3
36,а	Ф37.770.061		11	11	3
36,а	8ФР.610.149		16	7	4
36,а	Ф37.770.062	ФБИ -1а	10	5	4
36,а	8ФР.610.267		12	6	3,1
36,а	8ФР.610.284		12,5	8,3	4
36,а	8ФР.610.272		15	10	5
36,б	8ФР.610.255	МП-ЮНДК-12	2,5	12,4	1,4
36,б	8ФР.610.148		4,3	23	4,0
36,б	8ФР.610.289	МП-ЮНДК-24Т	3,5	10	3,5
36,б	8ФР.610.150		7,3	11,2	5,2
36,в	8ФР.610.255	ФБИ -1а	-	6,6	2,2
36,в	8ФР.610.152		-	6,6	5,5
36,в	8ФР.610.048		-	8,0	2,4
36,в	8ФР.610.120		-	10,4	10,4

ПРИЛОЖЕНИЕ

Магнитные соотношения

Таблица П.1

Магнитные величины

Наименование величины	Система единиц СГС	СИ	Отношение ед. СИ / ед. СГС
Длина, L	см	м	10^2
Масса, m	г	кг	10^3
Время, t	с	с	1
Магнитный поток, Ф	максвелл	вебер, Вб 1 Вб = 1 Тл м^2	10^8
Магнитная индукция, плотность потока, B	гаусс	тесла, Тл 1 Тл = 1 Вб/м^2	10^4
Магнитная постоянная, μ_o		4 10^{-7} Гн/м	
Напряженность магнитного поля, $H=B/\mu_o$	эрстед, Э	А/м	$4\pi\ 10^{-3}$
Абсолютная магнитная проницаемость, $\mu_a = B/H$	1	1 Гн/м	$10^7/4\pi$
Относительная магнитная проницаемость μ_a / μ_o	-	-	1
Магнитодвижущая сила, F	гилберт, Гб	1 А	$4\pi\ 10^{-1}$
Магнитное сопротивление, R_m	гилберт/максвелл	1/Гн	$4\pi\ 10^{-9}$
Магнитная проводимость, индуктивность, L, Ф/F	максвелл/гилберт	генри; 1 Гн = 1 Вб/А	$10^9/4\pi$

Таблица П.2

Соотношение единиц магнитной индукции

Единица	1 Гс	1 Тл	1 мТл
1 Гс	1	10^4 Гс	10 Гс
1 Тл = 1 Вб/м^2	10^{-4} Гс	1	10^{-3} Тл
1 мТл	0,1 мТл	10^3 мТл	1

ЛИТЕРАТУРА

1. E.C. Young. The new penguin dictionary of electronics. - Penguin Books Ltd., London, 1979.
2. Integrati Hall sensori di prossimita. - Elettronica Oggi; N 56, Marzo 1988.
3. R. Besson. Un circuit integre a effet Hall avec sortie analogique. - Toute l'electronique; octobre 1987, N 527.
4. Hall Effect Transducers. - Micro Switch (a Honeywell Division).
5. М. Бараночников, В. Папу. Микросхемы серии К1116. - "Радио", N 7 и N 8, 1990.
6. А.Г. Чертов. Физические величины - М: Высшая школа, 1990
7. Постоянные магниты. Справочник. П/ред Пятина Ю.М. - М: Энергия, 1980

Подготовлено: Шило В.Л.
при участии Бараночникова М.Л.
Сканировал: Бараночников М.Л.